

Aus dem Lehrstuhl für Orthopädie
der Medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Grifka



**Minimalinvasive Knieendoprothetik und Navigation: vergleichende
Untersuchung zwischen konventioneller, minimal invasiver und navigiert
minimal invasiver Technik**

Inaugural – Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

Vorgelegt von Philip Haiböck
aus Deggendorf

2009

für meine Eltern

Aus dem Lehrstuhl für Orthopädie
der Medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Grifka



**Minimalinvasive Knieendoprothetik und Navigation: vergleichende
Untersuchung zwischen konventioneller, minimal invasiver und navigiert
minimal invasiver Technik**

Inaugural – Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

Vorgelegt von Philip Haiböck
aus Deggendorf
2009

Dekan: Prof. Dr. med. Bernhard Weber

1. Berichterstatter: PD Dr. med. Markus Tingart

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Martin Fleck

Tag der mündlichen Prüfung: 26.10.2009

Gliederung

1. Einleitung	10
1.1. Epidemiologie der Gonarthrose	10
1.1.1. Einteilung	10
1.1.2. Demographische Aspekte	10
1.2. Therapiemöglichkeiten	11
1.2.1. Konservative Therapie	11
1.2.2. Operative Therapie	12
1.3. Geschichte der Endoprothetik	12
1.4. Eigenschaften des Kniegelenks	14
1.4.1. Anatomie	14
1.4.1.1. Gelenkanteile	14
1.4.1.2. Bandapparat	14
1.4.1.3. Belastungsachsen	16
1.4.2. Biomechanik	18
1.5. Prothesendesign	18
1.6. Operative Versorgung	20
1.6.1. Zugangswege	20
1.6.1.1. Medial-parapatellarer Zugang	20
1.6.1.2. Midvastuszugang	21
1.6.1.3. Subvastuszugang	22
1.6.2. Patellamanagement	22
1.6.3. MIS – minimally invasive surgery	22
1.6.4. Navigation in der Knieendoprothetik	23
1.7. Probleme der konventionellen Knieendoprothetik	24
1.8. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	25
 2. Material und Methode	 26
2.1. Patientengut	26
2.2. Klinische Untersuchung	26
2.3. WOMAC-Score	27
2.4. KSS-Score	27
2.5. Röntgenbogen	28
2.6. Fragebogen zur persönlichen Zufriedenheit	30
2.7. Operationsablauf	30
2.7.1. Konventionell und MIS	30
2.7.2. MIS navigiert	31
2.8. Navigationssystem	32
2.9. Statistische Auswertung	33

3. Ergebnisse	34
3.1. Demographische Angaben	34
3.2. Operationsbezogene Daten	38
3.3. Untersuchungsergebnisse	40
3.3.1. Präoperativ	40
3.3.1.1. WOMAC Score	40
3.3.1.2. KSS	42
3.3.2. 10 Tage postoperativ	43
3.3.2.1. WOMAC Score	43
3.3.2.2. KSS	44
3.3.3. 6 Wochen postoperativ	45
3.3.3.1. WOMAC Score	45
3.3.3.2. KSS	47
3.3.4. 12 Wochen postoperativ	48
3.3.1.1. WOMAC Score	48
3.3.1.2. KSS	49
3.4. Röntgenbildauswertung	52
3.4.1. Präoperative Beinachsenvermessung	52
3.4.2. Postoperative Röntgenbildvermessung	53
3.5. Subjektive Patientenzufriedenheit	56
3.5.1. Medikamenteneinnahme	56
3.5.2. Vergleich prä-/postoperativ	57
3.5.3. Zufriedenheit mit der Operation	58
3.5.4. Erneute Entscheidung für die Operation	59
3.5.5. Persönliche Einschätzung des Ergebnisses der Operation	60
3.6. Postoperative Beweglichkeit	61
4. Diskussion	63
5. Zusammenfassung	71
6. Anhang	74
6.1. WOMAC – Fragebogen	74
6.2. Knee Society – Fragebogen	78
6.3. Klinischer Untersuchungsbogen	82
7. Literaturverzeichnis	83
8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	89

9. Danksagung	91
10. Lebenslauf	92

1. Einleitung

1.1. Epidemiologie der Gonarthrose

Die Gonarthrose ist definiert als progrediente, degenerative Erkrankung des Kniegelenkes (femoro-tibial und femoro-patellar) mit zunehmender Zerstörung des Gelenkknorpels unter Mitbeteiligung weiterer Gelenkstrukturen, wie Knochen, Synovia, Gelenkkapsel und der das Gelenk umgebenden Muskulatur.

1.1.1. Einteilung

Bei der primären Gonarthrose werden diejenigen Krankheitsfälle subsumiert, die ohne erkennbare äußere oder innere Einwirkung, also im Sinne des degenerativen Verschleißes entstehen. Bei der sekundären Gonarthrose werden systemische Erkrankungen wie rheumatoide Arthritis, Hämophilie oder sekundäre Achsabweichungen im Varus- oder Valgussinne, nach Trauma, muskulären Dysbalancen oder hereditären Dysplasien der Gelenkpartner als Ursachen angesehen. Das Beschwerdebild der Gonarthrose beinhaltet eine ausgeprägte Schmerzsymptomatik mit Anlauf-, Ruhe- und Nachtschmerz sowie reduzierter Gehstrecke. Bei ausgeprägter Beschwerdesymptomatik ist für die Patienten die Bewältigung des Alltags oft nur noch mit Analgetikaeinnahme möglich. Im Röntgenbild zeigen sich die typischen arthrotischen Veränderungen mit Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerosierung und Osteophytenbildung.

1.1.2. Demographische Aspekte

Aufgrund zunehmender Bewegungsarmut und vermehrter Übergewichtigkeit der Bevölkerung nimmt die Inzidenz des Krankheitsbildes der Gonarthrose immer weiter zu. Auch die erhöhte Lebenserwartung spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Die Fallzahl, der in vielen Fällen einzigen noch zur Verfügung stehenden Behandlungsmöglichkeit, der Endoprothetik, hat an einigen Orthopädiezentren die Anzahl der Hüftprothesen bereits überschritten. Laut des BQS Qualitätsreports wurden demnach im Jahre 2006 deutschlandweit 125.322 Knieprothesenerstimplantationen durchgeführt. Die Altersgruppe von 60 – 79 Jahre stellte hierbei mit 75% die größte Gruppe dar. 12% der Patienten waren jünger als 60, 13% 80 Jahre oder älter. Mit 69% war der Anteil der Frauen wesentlich größer als der Männer (31%). Auch in anderen Ländern hat die Zahl der

Prothesenimplantationen in den letzten Jahren rapide zugenommen. Allein in den USA stieg die Anzahl der Knieprothesenimplantationen von 10.000 im Jahr 1975 auf 150.000 im Jahr 1990 (24). Mittlerweile werden sogar circa 335.000 Knieprothesenimplantationen pro Jahr in den USA vorgenommen (28). In Schweden vervielfachten sich die Zahlen in den letzten 20 Jahren und werden, prognostischen Aussagen zufolge, in den nächsten 30 Jahren noch einmal um ein Drittel steigen (62).

1.2. Therapiemöglichkeiten

Im Rahmen der Behandlungsstrategien der Arthrose des Kniegelenkes werden die konservative Behandlung und die operative Herangehensweise unterschieden. Die Entscheidung für eine der beiden Therapiemöglichkeiten muss für jeden Patienten gesondert erfolgen, da sich das Beschwerdebild und die körperliche Einschränkungen mitunter individuell sehr unterschiedlich äußern. Jedoch sollte ein operativer Eingriff solange wie möglich hinaus gezögert werden. Die operative Therapie sollte erst diskutiert werden, wenn sämtliche konservative Therapiemöglichkeiten keine Wirkung mehr zeigen, da die zunehmende Lebenserwartung der Patienten und die damit möglicherweise verbundenen Prothesenwechsel zu erneuten Problemen führen können.

1.2.1 Konservative Therapie

Die einfachste und im Anfangsstadium oft wirksamste Methode ist die lokale Applikation von antiphlogistika-haltigen Salben. Die medikamentöse Behandlung mit NSAR, Kortikoiden und Hyaluronsäurederivaten zählt ebenso zur konservativen Therapie wie physikalische Maßnahmen im weitesten Sinne. Speziell die Kräftigung der knieführenden Muskulatur im Rahmen einer physiotherapeutischen Behandlung besitzt einen ebenso hohen Stellenwert, wie die Balneo-, Elektro- und Thermotherapie. Flankierend zu diesen Maßnahmen werden orthopädietechnische Hilfsmittel wie dämpfende Pufferabsätze, Kniebandagen, und Schuhrauherrhöhungen angewandt.

Reichen diese Maßnahmen zur adäquaten Schmerztherapie nicht mehr aus, ist die operative Therapie unausweichlich.

1.2.2. Operative Therapie

Ist die Arthrose des Kniegelenks so weit progredient, dass der Patient über Ruhe- und Nachtschmerz sowie eine deutliche Reduktion der Gehstrecke klagt, ist der Zeitpunkt für einen operativen Eingriff erreicht.

Als letzter Gelenkerhaltender Eingriff bietet sich bei einer beginnenden bis mäßiggradigen Gonarthrose die Arthroskopie an. Bei vorherrschender Achsabweichung und nur medial oder lateral bestehender Arthrose kann eine Umstellungsosteotomie diskutiert werden.

Bei fortgeschrittener Gonarthrose steht dem Orthopäden die endoprothetische Versorgung zur Verfügung. Sofern es sich um eine streng unikompartmentelle Arthrose handelt, ist der unikondyläre Gelenkersatz indiziert. Bei bi- oder trikompartimenteller Arthrose und ausreichender Kollateralbandstabilität kann auf einen Oberflächenersatz, der mit einer sparsamen Knochenresektion einhergeht, zurückgegriffen werden. Liegt eine Bandinsuffizienz vor, kommt oft nur noch eine achsgeführte Prothese in Frage.

1.3. Geschichte der Knieendoprothetik

Das Wort „Endoprothese“ hat seinen Ursprung aus dem altgriechischen „pro thesis“ was soviel heißt wie „ das Vor(an)gesetzte“. Gemeint ist hier der Ersatz eines Organs. „Endos“ heißt „innen(gelegen)“. Eine Endoprothese ist also ein *innerer Organersatz*. Der Begriff wird im Allgemeinen nur für den Gelenkersatz verwendet.

Der Gedanke, kranke Gelenke zu ersetzen, ist schon sehr alt. Ein Chirurg Namens Themistokles Gluck hat schon 1890 eine Kniegelenksendoprothese, bestehend aus Elfenbein, mit Hilfe von Kolophonium und Gips implantiert (Abb. 1).

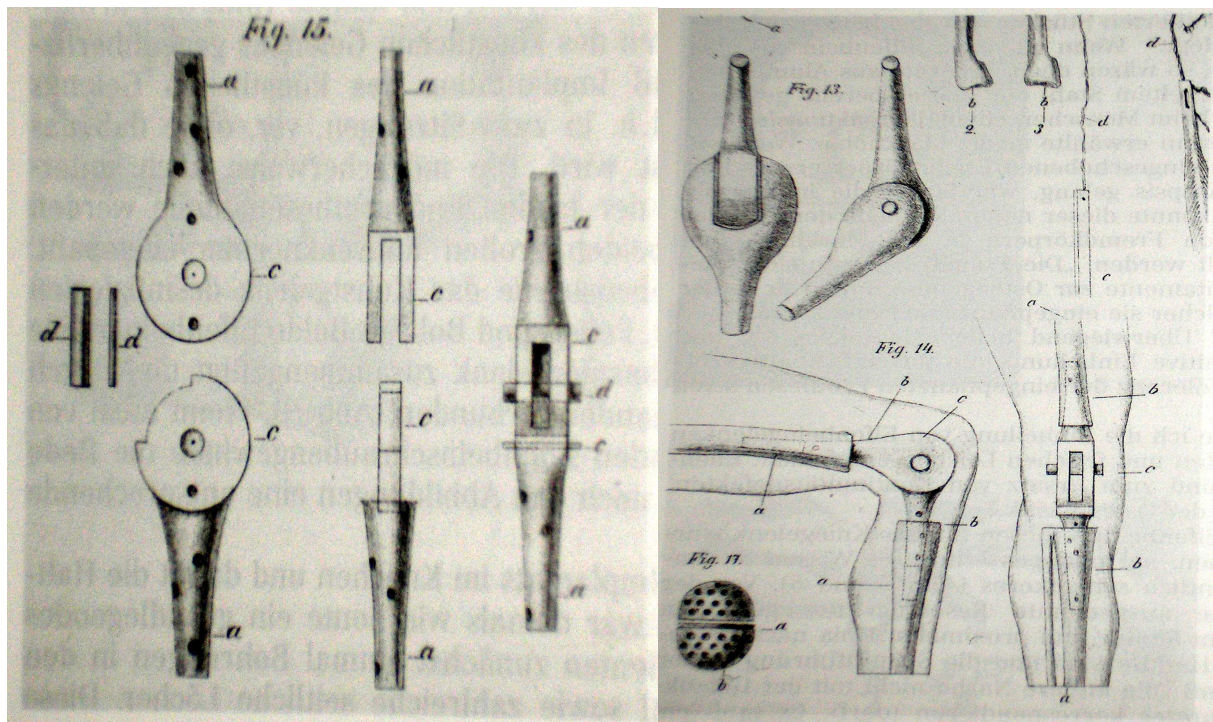


Abbildung 1: Modell einer Elfenbeinprothese

Die Idee, Elfenbein als Knochenersatz zu implantieren, hatte bereits der Chirurg Johann Friedrich Dieffenbach Mitte des 19. Jahrhunderts. Er trieb zur Osteogenese Elfenbeinstifte in Knochenfragmente, führte also als Vorläufer Gerhard Küntschers (1900 - 1972) bereits die offene Markraumnaegelung durch. Die Erfahrung schien zu beweisen, dass dieses Material, implantiert unter aseptischen Kautelen und den neuen Erkenntnissen der Medizin, häufiger zu Erfolgen führten als wir heute annehmen. Wie sonst hätte dieses Implantationsmaterial für ausgewählte Fälle länger als ein halbes Jahrhundert zur Diskussion stehen können (72).

Da der Versuch Glucks jedoch misslang und er dadurch sogar seine Arbeitsstelle verlor, wurde die Idee des künstlichen Gelenks bis auf weiteres verworfen. Neue Versuche des Gelenkersatzes wurden erst Mitte des 20. Jahrhunderts unternommen. Walldius benutzte Anfang der 50er Jahre erstmals eine Prothese aus einer Kobalt-Chrom-Legierung. Bei diesen ersten Erfolg versprechenden Kniegelenksendoprothesen handelte es sich um einfache Scharnierprothesen. Leider war es nicht möglich die verwendeten Scharnierprothesen unter Schonung des Bandapparates zu implantieren und aufgrund des starren Designs kam es wegen des vermehrten Auftretens von Scherkräften zu hohen Lockerungsraten, so dass nach Alternativen gesucht wurde. Mit dem Prinzip der teilgekoppelten und

ungekoppelten Prothesen gelang es ab den 60er Jahren eine zunehmend höhere Standzeit der Gelenkendoprothese zu erreichen.

1.4. Eigenschaften des Kniegelenks

1.4.1. Anatomie

1.4.1.1. Gelenkanteile

Beim Kniegelenk handelt es sich um ein Drehscharniergelenk. Es ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers und kann in zwei Teile, *Articulatio femorotibialis* und *Articulatio femoropatellaris* unterteilt werden. Bei dem femorotibialen Gelenk werden wegen des bicondylären Aufbaus ein mediales und ein laterales Kompartiment unterschieden. Diese werden durch zwei Faserknorpelscheiben, den C-förmigen *Meniscus medialis* und den fast kreisförmigen *Meniscus lateralis* in zwei weitere Teilgelenke, das *Articulatio meniscofemoralis* und das *Articulatio meniscotibialis* geteilt. Alle Kompartimente sind von einer gemeinsamen Gelenkkapsel eingeschlossen. Die Menisci führen in allen Stellungen des Kniegelenkes zu einer Vergrößerung der Gelenkkörper und damit der Artikulationsfläche und dienen somit der Druckverteilung. Das Femoropatellargelenk wird von der *Facies patellaris* des Femur und der *Facies articularis* der Patella gebildet. Durch die beiden *Bursae suprapatellaris* und *subcutanea praepatellaris* wird eine Art Verschiebespalt gebildet, der der Patella zwischen maximaler Flexion und Extension eine Bewegung von bis zu 7 cm auf dem Femur erlaubt (64).

1.4.1.2. Bandapparat

Die Seitenbänder, *Ligamentum collaterale tibiale* und *Ligamentum collaterale fibulare*, verlaufen vom *Epicondylus medialis femoris* zum medialen und hinteren Rand des Schienbeines, sowie vom *Epicondylus lateralis femoris* zum seitlich abstehenden Fibulaköpfchen und sind bei Streckung des Kniegelenkes in gespanntem Zustand, weshalb nur eine Extensions-/ Flexionsbewegung möglich ist. Bei gebeugtem Kniegelenk erschlafft dieser Bandapparat und ermöglicht dem Knie zusätzlich einen erheblichen Umfang möglicher Rotationsbewegung und geringgradig eine passive Abduktions- und Adduktionsbewegung.

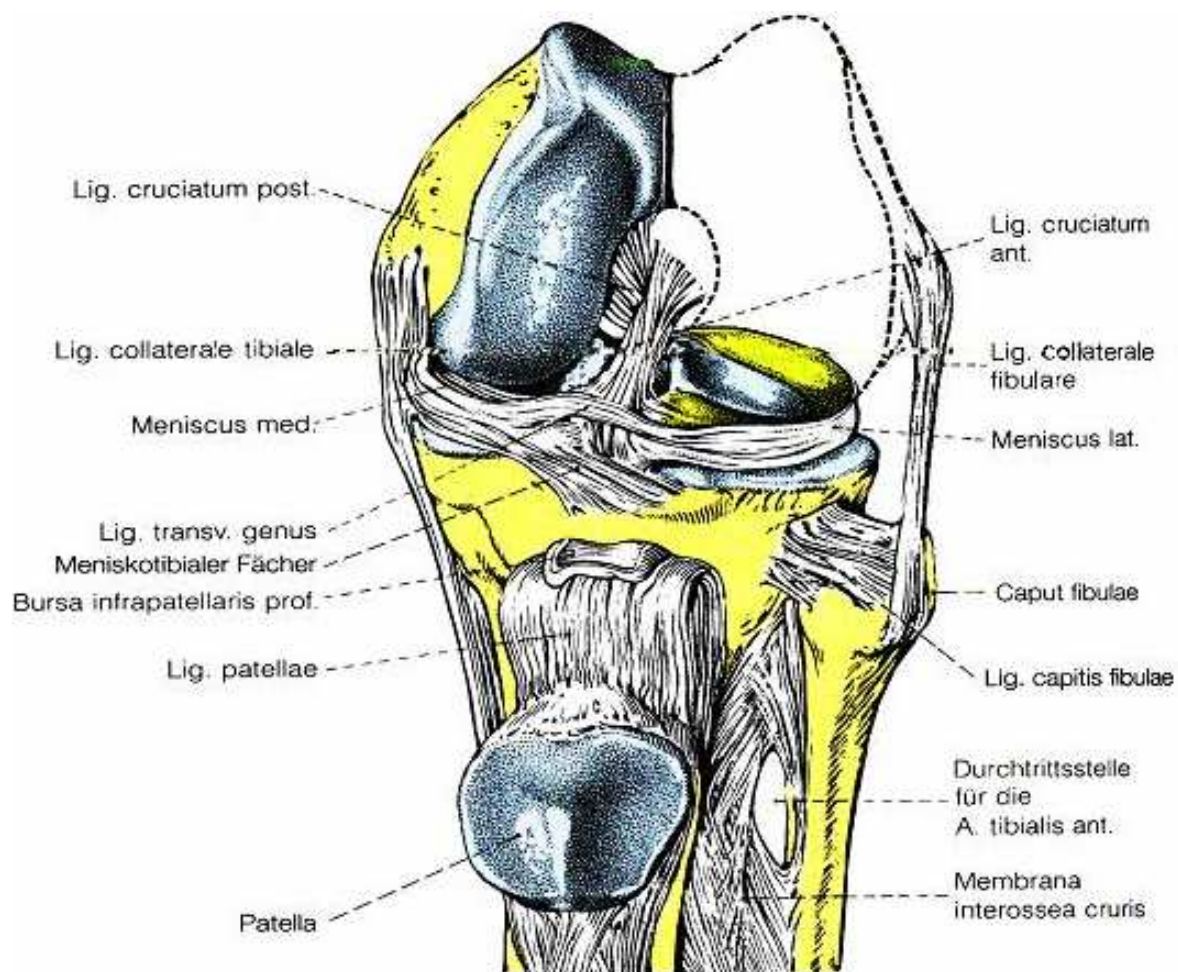


Abbildung 2: Bandapparat des Kniegelenks

Das vordere Kreuzband verläuft von der dorsalen, inneren Fläche des lateralen Femurkondylus zur Area intercondylaris anterior. Es verläuft also schräg von oben, hinten, lateral nach unten, vorne, medial. Das hintere führt von der vorderen Innenfläche des medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior. Die Ligamenta cruciata haben die Eigenschaft, dass Teile von ihnen in jeder Stellung des Knies unter Spannung geraten und so im Wesentlichen für die Sicherung, vor allem bei Beugung, des Kniegelenkes verantwortlich sind. Durch in den Kreuzbändern gelegene Mechanorezeptoren kommt es durch spezifische Muskeigenreflexe zu einem zusätzlichen Schutz des Kniegelenkes vor Extrembewegungen (64).

1.4.1.3. Belastungsachsen

Die Traglinie des Beines, auch Mikulicz- Linie genannt, ist die direkte Verbindung der Mitte des Hüftgelenkes und des Mittelpunktes des Sprunggelenkes. Sie geht physiologischerweise direkt durch die Mitte des Kniegelenkes. Rückt die Achse des Kniegelenkes nach medial ab, kommt es, wie in der Abbildung 2 ersichtlich, zu einem Genu varum mit einem O- Beinförmigen klinischen Erscheinungsbild. Bei einer Verlagerung der Achse nach lateral spricht man von einer Valgusfehlstellung mit einer X- Beinstellung.

Die jeweilige Fehlstellung führt zu einer unphysiologischen Belastung und stellt deshalb eine präarthrotische Deformität dar.

Der femorale Slope ist der Winkel der Tangente durch die distale Begrenzung der beiden Femurkondylen mit der mechanischen Beinachse. Der tibiale Slope ist als derjenige Winkel definiert, der bei einer Tangente über dem Tibiaplateau mit der mechanischen Beinachse entsteht (41).

Die anatomische Femurachse ist die intrafemorale Linie, die ihren Ursprung in der Area intercondylaris und ihre proximale Begrenzung physiologischerweise zwischen Trochanter major und Schenkelhals hat. Die mechanische Femurachse ist definiert als Linie zwischen Femurkopf und Zentrum des Kniegelenkes. Der Winkel zwischen mechanischer und anatomischer Beinachse wird Femurwinkel genannt und beträgt in Abhängigkeit von der Länge des Schenkelhalses, dem CCD-Winkel und der Femurschaftform normalerweise zwischen fünf und neun Grad.

Die mechanische Achse der Tibia reicht vom Kniezentrum zum Zentrum des Sprunggelenkes. Diese Achse ist deckungsgleich mit der anatomischen Tibiaachse (37).

Vereinzelt wird die Auffassung vertreten, dass diese nicht genau durch das Kniezentrum verläuft, sondern leicht nach medial versetzt im Bereich von 2,5° bis 3,5° varus (36,42).

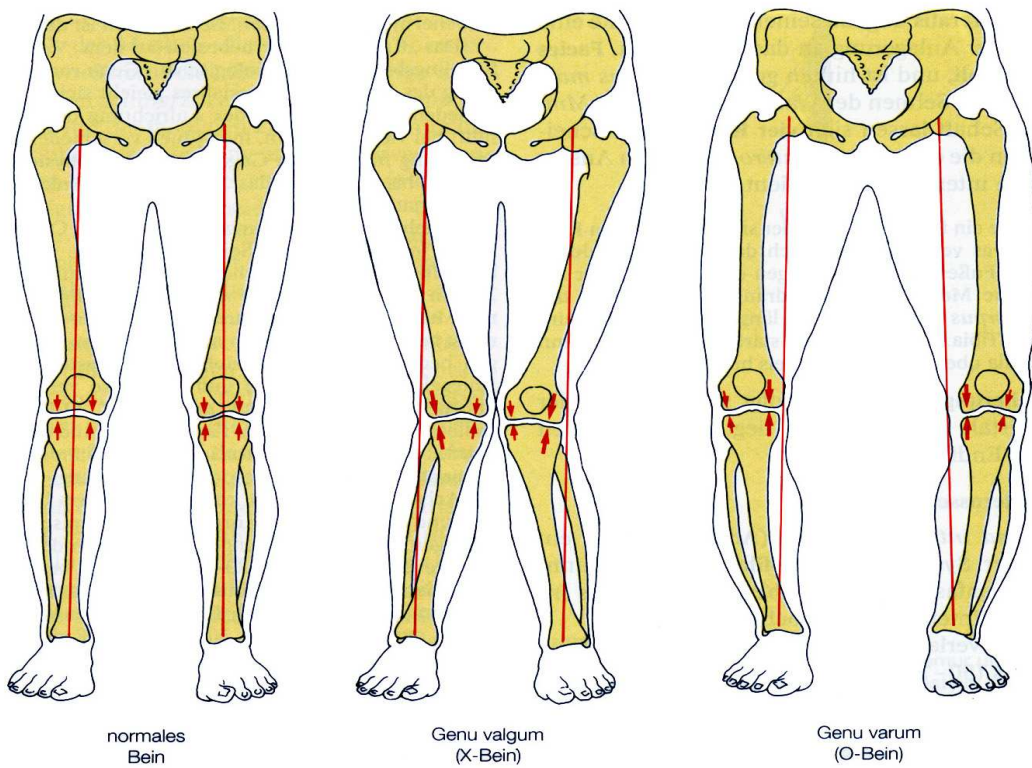
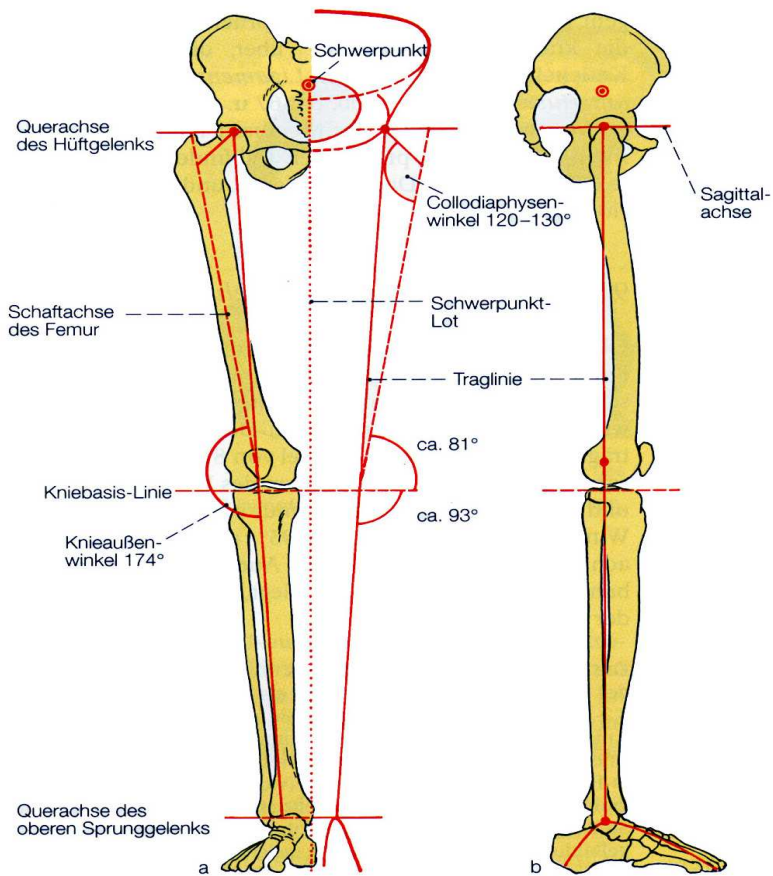


Abbildung 3: Darstellung der Beinachsen

1.4.2. Biomechanik

Während sich die Biomechanik des Hüftgelenkes, ein einfaches Kugelgelenk, technisch leicht imitieren lässt, ist die des Kniegelenkes sehr viel komplexer, was sich schon auf Grund seiner anatomischen Form vermuten lässt. Es handelt sich hier nämlich nicht um ein reines Scharniergelenk. Viel mehr handelt es sich bei Beugung erst um ein Abrollen, dann um ein Gleiten. Die Kontaktstelle auf der Schienbeingelenkfläche bleibt ab einer bestimmten Beugung gleich während sich der Kontaktpunkt an der Oberschenkelgelenkfläche weiter nach hinten verlagert. Ansonsten würde der Oberschenkel über die hintere Schienbeinkante hinwegrollen. Durch die Abkehr vom Scharniermodell wurde der Biomechanik des Kniegelenkes mit seinem typischen Roll-Gleit-Verhalten besser Rechnung getragen, da die Führung der Endoprothese wie im natürlichen Gelenk durch die Bänder des Kniegelenkes erfolgt. Wegbereiter dieser Prothesengeneration war v.a. Freeman.

1.5. Prothesendesign

Die derzeit implantierten Typen von Knieendoprothesen liegen in mehreren prinzipiellen Formen vor. Besteht eine isolierte mediale oder laterale Gonarthrose, kann ein unikondylärer Oberflächenersatz, bestehend aus einer Metallkufe an der Oberschenkelrolle und einem korrespondierenden Teilersatz des Tibiaplateaus aus Kunststoff zur Anwendung kommen. Dies kommt speziell für jüngere, normalgewichtige Patienten mit unikompartimenteller Arthrose und bandstabilem Kniegelenk in Frage. Kontraindikationen für eine unikondyläre Prothese stellen ein instabiler Bandapparat, starke Beinachsenabweichung sowie entzündliche Gelenkerkrankungen wie die rheumatoide Arthritis dar (56). Gute Resultate bei dieser Form des Gelenkersatzes hängen jedoch stark von der Erfahrung des Operators ab. Daher werden nur in Zentren mit höherer Implantationsrate gute Ergebnisse erzielt (47). Eine weitere Möglichkeit zur Kniearthroplastie stellt der totale Oberflächenersatz dar, der derzeit den Gold-Standard in der Knieendoprothetik darstellt. Bei diesen bi- oder trikompartimentellen Prothesen werden sowohl die gesamte Gleitfläche der Oberschenkelrollen als auch die des Schienbeinplateaus ersetzt. Hierbei werden die stabilisierenden Bandstrukturen des Kniegelenks, sprich die Seiten- und Kreuzbänder möglichst erhalten, da speziell der Balance der Seitenbänder eine entscheidende Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die Langlebigkeit des Implantates, zukommt. Das vordere Kreuzband wird bei diesem

Prothesentyp immer resiziert, das hinter Kreuzband kann erhalten bleiben. Bei einer intraoperativ festgestellten Insuffizienz des hintern Kreuzbandes wird dessen Funktion durch eine leicht modifizierte Inlay- und / oder Femurkomponentenform ersetzt. Beim so genannten trikompartimentellen Oberflächenersatz wird zusätzlich auch die Rückfläche der Patella durch eine Kunststoffgleitfläche ersetzt (56). Ist die Gelenkstabilität durch Bandapparat und Muskelführung nicht mehr gewährleistet oder lässt ein primärer oder revisionsbedingter Substanzdefekt eine Verankerung einer Oberflächenersatzprothese nicht mehr zu, ist die Implantation einer achsgeführten Totalendoprothese indiziert. Hierbei sind Scharnierprothesen, roll-/gleitgeführte Achsprothesen sowie das Rotationsknie mögliche Implantationsoptionen.

In der Regel bestehen die Knieprothesen aus drei Teilen: Einem Oberschenkelteil aus einer Chrom-Kobalt-Legierung, einem Gleiteinsatz (Insert) aus Polyethylen auf dem das Oberschenkelteil gleiten kann und einem Unterschenkelteil aus Titan. Je nach Hersteller und Modell können sich die verwendeten Materialien jedoch unterscheiden.



Abbildung 4: Modell einer bicondylären P.F.C. Knieprothese

1.6. Operative Versorgung

Während die letzten Jahrzehnte hauptsächlich dazu verwendet wurden, neue Prothesen und Materialien zu schaffen und zu erforschen, rückte in den letzten Jahren auch die Operationstechnik vermehrt in den Blick der Forschung. Wie unterschiedliche Langzeitstudien zur Knieendoprothese ermittelten, spielt die exakte Ausrichtung von Prothesenkomponenten mit Blick auf die Langzeitstabilität eine wesentliche Rolle.

Trotz des hoch standardisierten Verfahrens der Implantationstechnik ist in den letzten Jahren eine kontroverse Diskussion über die operativen Zugangswege in der Knieendoprothetik entstanden, die bis heute noch nicht abgeschlossen ist.

1.6.1. Zugangswege

In der Knieendoprothetik werden mehrere operative Zugangswege unterschieden. In früheren Jahren erfolgten die Knie-TEP Operationen, bei der Hautschnitte von 20-25 cm die Regel waren (67), hauptsächlich über den medial parapatellaren Zugang zum Kniegelenk (31). In einzelnen Fällen wurde auch der Midvastus- (19) oder Subvastuszugang (29) verwendet.

1.6.1.1. Medial-parapatellarer Zugang

Beim medial parapatellaren Zugang handelt es sich um die konventionelle und am weitesten verbreitete Standardtechnik zur Implantation der Knieendoprothese, der die nachweislich beste Exposition des Kniegelenks bietet (22,69). Hierbei wird die Verbindung zwischen Quadricepssehne und Musculus vastus medialis durchtrennt und somit das Kniegelenk dargestellt. Das Problem hierbei ist jedoch, dass dieser Standardzugang aufgrund der Weichteilverletzungen zu einer Schwächung des Streckapparates und besonders des medialen Muskelzuges auf die Patella führen kann. Weiter kann eine Lateralisierung der Patella durch den Zugang manchmal nicht verhindert werden. Dies wäre intraoperativ durch ein laterales Release zwar teilweise kompensierbar, jedoch kann dies zu Wundheilungsstörungen und Nekrosen an der Patella führen (58).

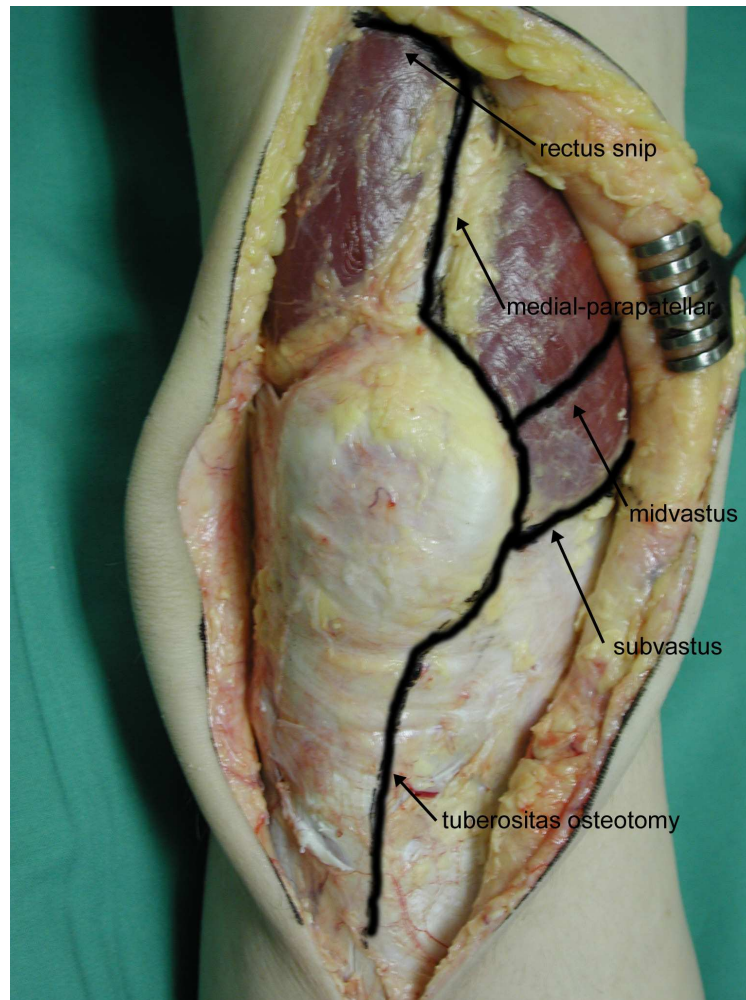


Abbildung 5: Anatomische Zugangswege

1.6.1.2. Midvastuszugang

Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Problems ist der von Engh et al. (19,20) beschriebene so genannte Midvastuszugang, der auf eine Durchtrennung der angegebenen Strukturen verzichtet. Es handelt sich um einen einfachen Zugangsweg, der unter Erhalt der Verbindung zwischen Quadricepssehne und Musculus vastus medialis durch teilweise Spaltung des Muskels in Faserrichtung vom patellaren Ansatz der Sehne nach medial-proximal verläuft (30). Hierdurch wird neben einer guten Übersicht über die Gelenkflächen des Kniegelenks eine bessere postoperative Streckfunktion sowie eine Medialisierung der Patella erreicht (16). Die Häufigkeit eines lateralen Release kann entsprechend gesenkt werden (73). Für Patienten mit Adipositas permagna ist der Midvastuszugang aufgrund der schlechteren Darstellungsmöglichkeit der Gelenkflächen jedoch kontraindiziert und durch einen Zugang mit teilweiser Ablösung des distalen Musculus vastus medialis von der Quadricepssehne zu ersetzen (30).

1.6.1.3. Subvastuszugang

Eine weitere Möglichkeit, den konventionellen Zugang zu umgehen, wäre der Subvastuszugang, der sich, wie der Midvastuszugang, an anatomischen Strukturen orientiert (20,22) und in den letzten 20 Jahren wieder für die Primärendoprothetik des Kniegelenks entdeckt wurde. Hierbei erfolgt die Inzision am Unterrand des M. vastus medialis entlang seines Verlaufs bis zur Mitte der Patella, wo die Sehneninsertion des Vastus medialis inzidiert wird. Der weitere Schnittverlauf gleicht dem des medial-parapatellaren bzw. dem des Midvastuszugangs. Das Indikationsspektrum zum Subvastuszugang wird jedoch kontrovers diskutiert (49). Während von einigen Autoren lediglich die Anwendung bei medialen Hemiarthroplastiken empfohlen wird (44), wird von anderen das Spektrum auch auf die Totalprothese (29) und sogar auf die Revisionschirurgie erweitert (35). Zwar wird in einigen Studien auf den Erfolg des Subvastuszugangs gegenüber dem medial-parapatellaren Zugang hingewiesen (52,55), jedoch kann aufgrund fehlender oder noch ausstehender Studien keine Aussage über die langfristige Stabilität getroffen werden.

1.6.2. Patella-Management

Darüber hinaus spielt die intraoperative Positionierung der Patella eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Bandspannung und die gemessene Beinachse. Sofern die Patella beim Weichteilmanagement nicht im Gleitlager verbleiben kann, sollte eine Subluxation Vorzug gegenüber der kompletten Evertierung erhalten, da die evertierte Patella im Vergleich zur subluxierten bei der Bandspannungsuntersuchung Achsunterschiede von $>1^\circ$ im Valgussinne auf die Gesamtbeinachse verursachen kann (49).

1.6.3. MIS – minimally invasive surgery

In den letzten zehn Jahren wurde zusätzlich zu den unterschiedlichen Zugangswegen im Rahmen des Weichteilmanagements eine neue Technik entwickelt, die als minimal-invasive Technik oder “ minimally invasive surgery“ (MIS) bezeichnet wird. Diese gleicht im Schnittverlauf dem konventionellen Verfahren, mit einem Schnitt in der Mittellinie von der Quadricepssehne über die Patella zur Patellasehne. Der Unterschied liegt hierbei einerseits in der Länge der Inzision, andererseits im Patella Management. Während bei der konventionellen Technik Hautschnittlängen von 15-25 cm die Regel sind, ist die MIS mit einer Schnittlänge <

14 cm definiert. Außerdem wird eine Subluxation der Patella einer Eversion vorgezogen. Laut Bonutti et al. (2004) spielt zusätzlich die Vermeidung der Dislokation des femorotibialen Gelenks während der Operation eine entscheidende Rolle. Die Vorteile der MIS im Vergleich zur konventionellen Technik werden kontrovers diskutiert. Einige Studien der letzten Jahre zeigen neben einem geringeren Blutverlust (17, 45, 67, 70) eine deutlich geringere Schmerzsymptomatik (1, 45, 67, 70) und somit einen reduzierten Bedarf an Schmerzmedikation (1, 45) bei MIS-Patienten. Weiter wird eine frühere postoperative Mobilisation bei Patienten, die mit minimal-invasiver Technik operiert wurden, diskutiert (1, 25, 45, 67). Ein Problem stellt jedoch das kleinere, schlechter einzusehende Operationsfeld dar. Dies erhöht die Gefahr einer ungenauen Implantation der Prothesenkomponenten und somit einer postoperativen Achsfehlstellung (17). Andere Studien zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen minimal invasiv und konventionell versorgten Patienten bezüglich dieser Aspekte. Die zu einer definitiven Bewertung notwendigen Langzeitergebnisse stehen jedoch noch aus.

1.6.4. Navigation in der Knieendoprothetik

Im Laufe der letzten Jahre hat die computerassistierte Chirurgie in der Knieendoprothetik immer größere Bedeutung gewonnen. Eine Umfrage unter deutschen Orthopäden und Unfallchirurgen zeigte, dass in 2002 mit zunehmender Tendenz bereits über 30 Prozent der endoprothetisch tätigen Kliniken die computerassistierte Knieendoprothetik nutzten. Bezogen auf diese Umfrage in 2002 wurden 13% der Knieendoprothesen navigationsgestützt implantiert (4). Von den vielen verfügbaren, handelsüblichen Navigationssystemen sind für die Knieendoprothetik vor allem die bildgestützten und die bildfreien von Bedeutung. Bei den bildgestützten Systemen muss präoperativ eine Computertomographie angefertigt werden, die anschließend eine detaillierte Planung der Lage der Prothesenkomponenten im 3D-rekonstruierten Oberflächenmodell beziehungsweise dem originären CT-Schnittbild erlaubt und dem Operateur bereits präoperativ die Möglichkeit bietet, speziellen anatomischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen (2,50). Die bildfreie Navigation hingegen benötigt keinerlei präoperative Bildgebung. Sie gleicht intraoperativ einer „plug and play“ - Anwendung. Neben den für die Beinachsgeometrie erforderlichen Landmarken werden zu Beginn der Operation durch kabellose oder kabelgebundene spezielle Instrumentarien Oberflächenpunkte

akquiriert, die das System zur Berechnung eines Modells des Kniegelenks verwendet. Mit diesem Modell erfolgt dann intraoperativ die Planung der Prothesenlage und -ausrichtung. Im weiteren Operationsverlauf können anschließend die zur Navigation modifizierten Schnittlehren ausgerichtet und die Sägeschnitte navigationsunterstützt ausgeführt werden (50).

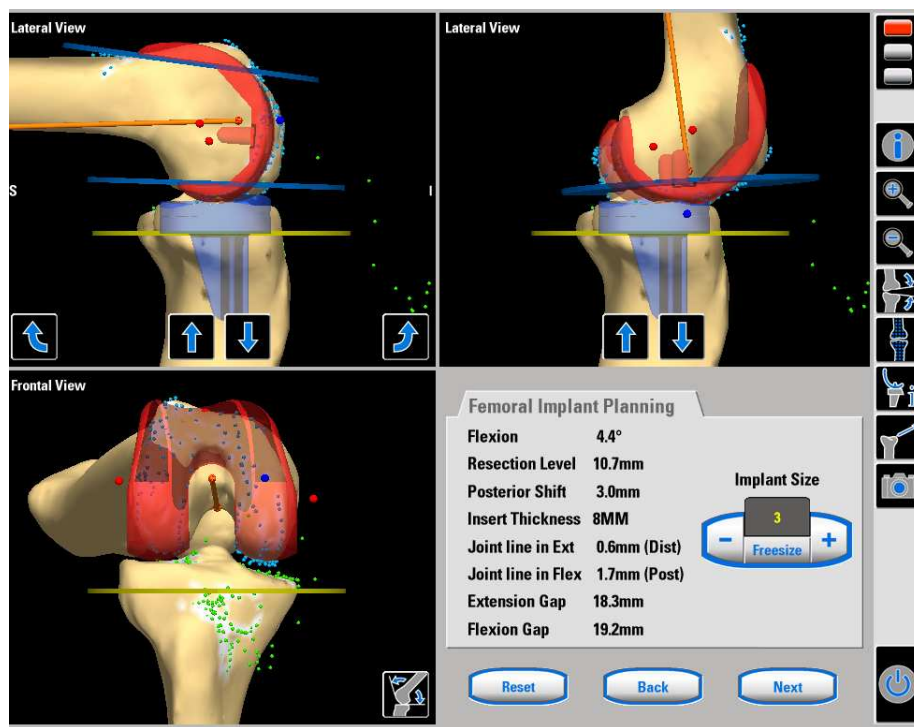


Abbildung 6: Durch den Computer berechnete Resektionsebenen mit Angabe der Extensions-bzw. Flexionslücke

In bisher durchgeführten Studien, bei denen bildfreie und bildbasierte Navigation verglichen wurden, konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der postoperativ gemessenen Beinachse festgestellt werden (2). Im Bezug auf den im klinischen Alltag höheren zeitlichen, logistischen und somit finanziellen Aufwand, den die bildbasierte Navigation erfordert, hat sich in den letzten Jahren die bildfreie Navigation in der Knieendoprothetik zunehmend durchgesetzt.

1.7. Probleme der konventionellen Knieendoprothetik

Die Weiterentwicklung der Implantate und die Erfahrung von mittlerweile drei Jahrzehnten Knieendoprothetik haben dazu beigetragen, dass sich die Knieendoprothetik zum Standard in der Behandlung der Gonarthrose etabliert hat. Wie aus Erhebungen des schwedischen Knieprothesenregisters deutlich wird, kann

bei ca. 80 % der behandelten Patienten eine subjektive Zufriedenheit erwartet werden (67). Die Standzeit der Prothesen wird momentan mit 85% nach zehn Jahren angegeben. Die Ursachen für die Lockerung einer Prothese können unterschiedlicher Genese sein. Während für frühzeitige Lockerung innerhalb von weniger als fünf Jahren postoperativ hauptsächlich Infektionen und Instabilität verantwortlich sind (23), ist der Grund für eine späte Lockerung nach fünf Jahren hauptsächlich auf aseptische Gründe zurückzuführen. Die Ursache hierfür kann einerseits der Polyethylenabrieb, andererseits die verbliebene Gelenkinstabilität sein. In diesem Zusammenhang stellt ein postoperatives Malalignment von mehr als drei Grad im Valgus- oder Varussinne in der Frontalebene einen entscheidenden Faktor dar (57,60).

1.8. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Trotz eines mittlerweile weitgehend standardisierten Verfahrens, treten, aufgrund der Materialentwicklung und der neu entwickelten Verfahren, immer wieder neue Fragen bezüglich des optimalen Verfahrens der endoprothetischen Versorgung des Kniegelenks auf. Die minimal invasive Technik zur Implantation einer Knieprothese hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Unklar ist jedoch weiterhin, ob sie tatsächlich eine schnellere Rehabilitation aufgrund einer geringeren Weichteilschädigung ermöglicht und ob sie aufgrund der schlechteren Übersicht mit einer erhöhten Rate von postoperativen Beinachsfehlstellungen und Komponentenfehlagen einhergeht. Bezüglich der Implantatlage kann die Verwendung eines Navigationssystems der Problematik der Implantatfehlage entgegengewirkt werden, wie mehrerer Publikationen der letzten Zeit deutlich machen (3,50).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war einerseits, im Rahmen einer prospektiven randomisierten Studie den minimal invasiven und konventionellen operativen Zugangsweg in Bezug auf eine früher Rehabilitation zu vergleichen. Andererseits galt es, durch die Vermessung der postoperativen Röntgenaufnahmen, eventuell gehäufte Implantatfehlagen in der minimal invasiven Gruppe herauszufinden und die entsprechend konventionell und navigiert operierten Gruppen zu vergleichen.

2. Material und Methode

2.1. Patientengut

In der Zeit von September 2006 bis Juni 2007 wurden 90 Patienten, die aufgrund nicht weiter klassifizierter Gonarthrose mit einer kreuzbanderhaltenden Knie Total-Endo-Prothese der Firma DePuy, Warsaw USA, versorgt wurden, in randomisierter Technik auf drei Gruppen verteilt. Bei allen Patienten wurde als operativer Zugangsweg der medial parapatellare Zugang gewählt.

Eine Gruppe wurde konventionell (Hautschnitt > 14 cm, Patellaeversion), eine Gruppe minimal-invasiv (Hautschnitt < 14 cm, Patellsubluxation) und eine Gruppe minimal-invasiv navigationsgestützt operiert. Patienten mit Voroperationen, wie zum Beispiel einer Umstellungsosteotomie wurden ausgeschlossen. Weitere Ausschlusskriterien waren: Alter > 80 Jahre, Extensionsdefizit von $> 20^\circ$, präoperative Beinachsabweichung von $> 20^\circ$, Body mass index > 35 .

Die jeweilige Gruppenzugehörigkeit des einzelnen Patienten erfolgte randomisiert. Um einen möglichen Bias-Faktor, der die veränderte Wahrnehmung des Patienten, bei Kenntnis des angewandten Verfahrens beschreibt, gering zu halten, wurden die Patienten bis zum Abschluss der letzten postoperativen Untersuchung, nicht explizit vom dem bei ihnen angewandten Operationsverfahren in Kenntnis gesetzt.

Das jeweils betroffene Knie der Patienten wurde einen Tag vor der Operation klinisch untersucht und die jeweiligen Werte mit dem Knee Society Score (KSS) erfasst. Des Weiteren füllten die Patienten einen Fragebogen, den WOMAC-Score (WOMAC: Western Ontario and Mc Master's Universities Osteoarthritis Index) (7) aus, um ihre subjektiv empfundenen Beschwerden im Alltag zu erfassen und zu vergleichen.

Postoperativ wurden die Patienten am 10.Tag, nach 6 Wochen (nach Beendigung der Reha) und nach 12 Wochen untersucht. Es wurden der KSS Score, WOMAC Score und die persönliche Zufriedenheit der Patienten erhoben.

2.2. Klinische Untersuchung

Klinisch wurden beide Kniegelenke untersucht. Die Untersuchung bestand aus Inspektion auf eventuell vorhandenen Erguss, Prüfung der Beweglichkeit anhand Neutral- Null- Methode (aktiv und passiv), der Muskelkraft, Bewegungs- und Druckschmerzhaftigkeit, der Bandstabilität der Kollateral- sowie der Kreuzbänder, des Patellalaufs, sowie der eventuell vorhandenen retropatellaren Schmerzen

anhand des Zahlenzeichens. Die geprüften Werte wurden auf einem standardisierten Untersuchungsbogen (siehe Anhang) entsprechend KSS dokumentiert.

2.3. WOMAC-Score

Der WOMAC (Western Ontario and Mc Master's Universities Osteoarthritis Index) Fragebogen zeichnet sich durch einen kombinierten Funktions- und Schmerzscore aus. Er enthält 24 Fragen, davon beziehen sich fünf auf die Schmerzintensivität (WOMAC A), zwei auf die Steifigkeit (WOMAC B) und 17 auf die Funktion des Kniegelenkes (WOMAC C). Die Summe der drei Untereinheiten (WOMAC A, B und C) wird zu einem WOMAC Gesamtwert, dem WOMAC Score zusammengefasst. Je niedriger dieser Wert ist, desto besser kommt der Patient mit dem Knie zurecht, das heißt, dass ein Patient mit Null Punkten keine Schmerzen, keine vermehrte Steifigkeit und eine gute Funktion des Kniegelenkes hat.

Bei jeder Frage gab es 5 verschiedene Antwortmöglichkeiten in der Spanne von „keine“ (null Punkte) und „sehr starke“ (vier Punkte).

Je mehr Punkte ein Patient erhält, desto schlechter kommt er mit dem Kniegelenk zurecht. Die maximal erreichbare Punktzahl für alle drei Teile des WOMAC-Scores beläuft sich auf 92 Punkte.

Der WOMAC-Score ist ein in den USA weit verbreitetes und validiertes Testverfahren, das von der FDA als Hauptzielkriterium zur Beurteilung der Gonarthrose akzeptiert wird (7,8).

In der vorliegenden Studie bezog sich der Score auf das jeweils operativ zu versorgende bzw. versorgte Knie.

2.4. KSS-Score (Knee-Society-Score)

Dieser Test wurde Ende der 80er Jahre entwickelt und kann mittlerweile als Standardverfahren zur Beurteilung von Patienten, die sich einer Kniegelenkersatzoperation unterzogen haben, bezeichnet werden. Er ist eine Weiterentwicklung des Hospital for Special Surgery (HHS) Rating Systems. Einer seiner Vorteile ist, dass er zwischen der für den Patienten erreichten Funktionalität des Knies (zum Beispiel wie er eine Treppe hinaufsteigen kann) und der objektivierbaren Funktion des operierten Knies (Streckdefizit in Grad) unterscheidet. Hierdurch kommt es nicht zu einer Verfälschung des Endergebnisses.

Der erste Teil (Knee Score) des Testes betrachtet lediglich drei Parameter:

- Schmerz (Kein Schmerz entspricht 50 Punkte)
- Stabilität (< 5 mm post- anterior entspr. 10 Pkt., <5° mediolateral entspr. 15 Pkt.)
- Beweglichkeit (125° entspricht 25 Punkte)

Hierdurch wird also die objektivierbare Funktion des betroffenen Knies erfasst.

Für diese drei Werte können maximal 100 Punkte erreicht werden. Abzüge werden bei einer Beugekontraktur, einem Streckdefizit und einer Achsabweichung vorgenommen. (max. Minus 50 Punkte).

Der zweite Teil (Function Score) des Testes besteht aus zwei Teilen:

- Gehstrecke (unbegrenzt entspricht 50 Punkte)
- Treppensteigen (normal auf und ab entspricht 50 Punkte)

Er erfasst somit die subjektiv empfundene Funktion des Knies aus Sicht des Patienten. Abzüge werden in diesem Teil vorgenommen, wenn beim Gehen ein oder mehrere Stöcke verwendet werden.

Das heißt, dass ein schmerzloser Patient mit einer Beweglichkeit von 125° Flexion oder mehr und einer guten Kniestabilität ohne Beugekontraktur, Streckdefizit oder Beinachsenabweichung, der unbegrenzt gehen, Treppen normal auf- und absteigen kann und dabei keine Gehilfe benötigt die maximale Punktzahl von 200 Punkten erreicht (32).

Nach Erhebung der beiden Einzelscores, wurden Knee- und Function Score zum Total Knee Score (TKS) addiert.

Der KSS-Score wurde in der vorliegenden Studie aus dem Ergebnis der klinischen Untersuchung sowie der Befragung der Patienten errechnet.

2.5. Röntgenbogen

Zur Kontrolle der Beinachsenfehlstellung vor der Operation, wurde das zur OP-Vorbereitung angefertigte Röntgenbild (Ganzbeinaufnahme) verwendet. Hierbei wurde mit einem Winkelmesser unter Zuhilfenahme der gängigen Methoden die mechanische Beinachse vermessen und daraus resultierend Art und Ausmaß der Fehlstellung dokumentiert. Auf dem gleichen, eigens für die Studie angefertigten Untersuchungsbogen, wurden auch die Ergebnisse der Vermessung der ersten postoperativen Röntgenkontrolle eine Woche nach der Operation dokumentiert. Diese wurden entsprechend der Vorlage der Arbeit von Bächli et al. (3) durchgeführt. Hierbei wurden insgesamt fünf Winkel auf zwei verschiedenen Bildern bestimmt. Von

der Ganzbeinaufnahme wurden die mechanische Beinachse (HKA), der Winkel der fronto-femorale Komponente (FFC) und der Winkel der fronto-tibiale Komponente festgehalten. Auf der seitlichen Knieaufnahme wurden der Winkel der latero-femorale (LFC), zwischen Kortex des distalen Femur und der Prothesenfläche der femoralen Komponente, und der latero-tibiale Komponente (LTC), in Relation zum Kortex der posterioren Tibia, vermessen.

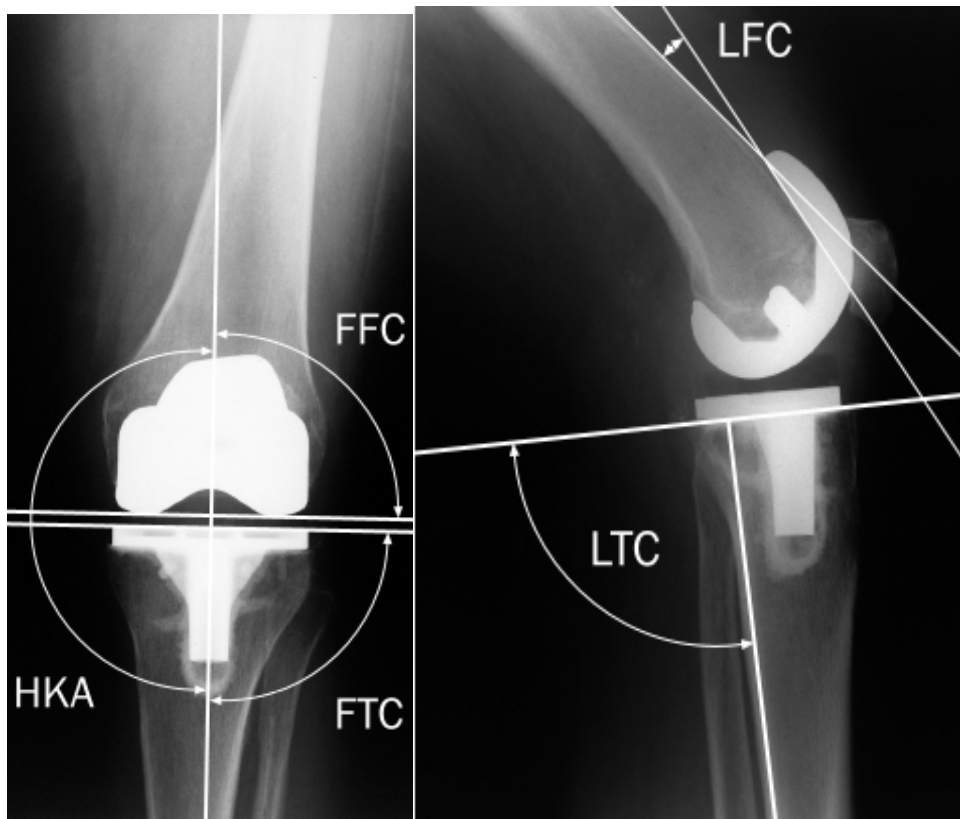


Abbildung 7: Vermessungswinkel der Röntgenaufnahmen

Nach Vermessung der Röntgenaufnahmen aller 90 Patienten wurden die dokumentierten Werte tabellarisch erfasst und ausgewertet. Ein besonderes Augenmerk galt hierbei den postoperativen Achsabweichungen $\geq \pm 3^\circ$ in den Winkeln HKA, FFC, TFC und LTC, da ein solche sich prognostisch ungünstig auf die Standzeit der implantierten Prothese auswirken würde (57,60). Die Anzahl der betroffenen Patienten wurde ebenso erfasst wie die durchschnittliche Beinachsenabweichung im HKA Winkel. Alle dokumentierten Werte wurden zudem auf signifikante Unterschiede überprüft.

2.6. Fragebogen zur persönlichen Zufriedenheit

Dieser Fragebogen erforscht die Zufriedenheit des Patienten mit der Operation. Im Einzelnen wird nach der durch die Operation erreichten Verbesserung und der Allgemeinen Bewertung gefragt. Für die Fragen nach der Zufriedenheit bestanden fünf („Viel besser“, „Etwas besser“, „Neutral“, „Etwas schlechter“ und „Viel schlechter“) Abstufungen.

Weiter wird nach der Schmerzmedikation für das betroffene Gelenk in den vergangenen vier Wochen gefragt. Die Antwortmöglichkeiten reichten hier von täglicher Einnahme („Immer“), fast täglicher Einnahme („Oft“) über mehrmalige Einnahme pro Woche („Manchmal“) und mehrmalige Einnahme im Monat („Gelegentlich“) bis hin zur fehlenden Einnahme („Nie“) von Schmerzmedikamenten. Außerdem wird die hypothetische Frage gestellt, ob der Patient sich erneut für die Operation entscheiden würde, wenn er die Möglichkeit hätte, die Zeit zurückzudrehen.

Als letztes wurden die Patienten nach der Bewertung des Gesamtergebnisses der Operation gefragt („Ausgezeichnet“, „Gut“, „Zufrieden stellend“ oder „Schlecht“).

Die Auswertung des Bogens erfolgte nach Schulnotenprinzip (z.B. 1 = „viel besser“ oder „sehr zufrieden“, 5 = „viel schlechter“ oder „sehr unzufrieden“) jedoch aufgrund der Anzahl der Antwortmöglichkeiten auf die Noten eins bis fünf beschränkt.

Der Fragebogen wurde von den Patienten bei der letzten der drei postoperativen Untersuchungen ausgefüllt, um die subjektive Einschätzung des Behandlungsergebnissen zu erfassen.

2.7. Operationsablauf

2.7.1. Konventionell und MIS

Der Operationsablauf bei konventioneller und minimal invasiver Technik war in der Regel identisch.

Alle Patienten werden laut Standard in Rückenlage, in Blutleere operiert. Bei sämtlichen Patienten erfolgte nach Hautschnitt eine medial parapatellare Eröffnung der Kniegelenkkapsel. Der einzige Unterschied in den beiden Gruppen bestand darin, dass bei Patienten, die der minimal invasiven Gruppe angehörten, eine möglichst kleine Hautinzision (<14 cm) und lediglich eine Subluxation der Patella, erfolgte. Dies gelang ausnahmslos bei allen minimal invasiv versorgten Patienten.

2.7.2. MIS navigiert

Die Lagerung und Vorgehensweise in der navigierten Gruppe entsprach prinzipiell der konventionellen und MIS Gruppe. Allerdings wurden zusätzlich die für die Navigation benötigten Referenzsterne femoral und tibial in der Inzision über eine so genannte 1-Pin-Fixierung mittels Steinmann-Pin angebracht.

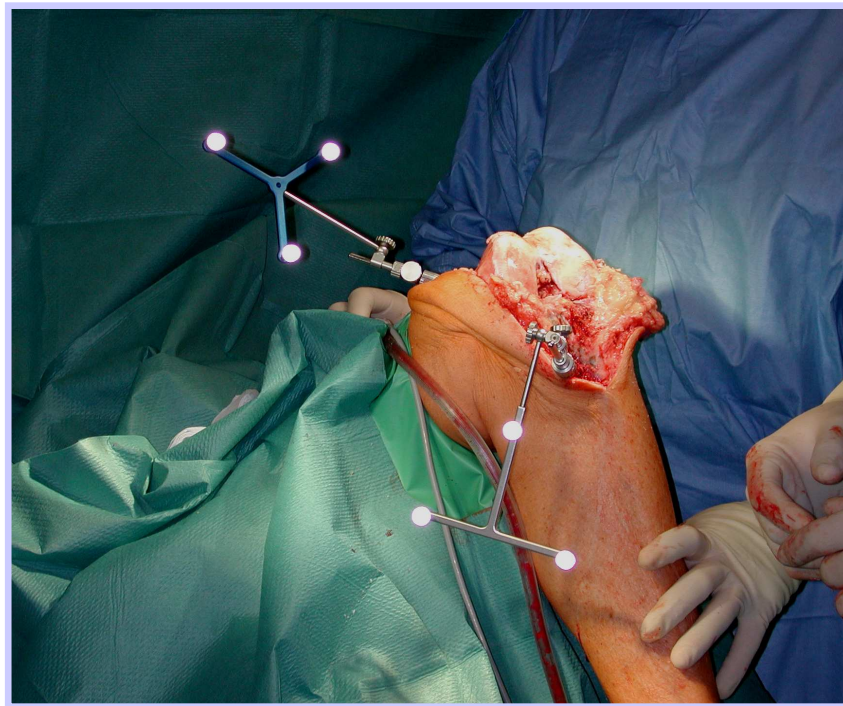


Abbildung 8: OP-Situs mit fixierten Referenzsternen

Durch Bestimmung des Hüfteentrums sowie vorgegebener Landmarks und Oberflächen erstellt der Computer ein dreidimensionales Bild. Anschließend werden mit den akquirierten Daten die Resektionsebenen berechnet. Daraufhin erfolgt, wie bei der konventionellen Operationstechnik auch, primär die Resektion der femoralen, anschließend die der tibialen Komponente. Die Genauigkeit der Sägeschnitte kann jederzeit vom Operateur kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Im Anschluss kann der Operateur durch Einbringen der Probekomponente überprüfen, ob ein weiteres Weichteilrelease oder evtl. eine knöcherne Nachresektion erforderlich sind. Nach dem Weichteilbalancing und Probelauf erfolgt die Implantation der originalen Prothesenkomponenten.

2.8. Navigationssystem

Bei dem verwendeten Navigationssystem handelt es sich um das Vector-Vision-System der Firma BrainLab.



Abbildung 9: Vector-Vision-System der Firma BrainLab

Es ist ein passives Navigationssystem, das zwei in einem Schwenkarm untergebrachte Infrarotkameras besitzt. Aus diesen wird ein Infrarotsignal ausgestrahlt, das von den am Patientenknochen fixierten Reflektoren (Referenz-Stern) zurückgesendet wird. Wie bei allen passiven Navigationssystemen gibt das System lediglich die korrekte Lage der Schnittebenen vor. Letztendlich obliegt die Resektion, wie auch bei konventioneller und minimal invasiver Technik, dem Operateur.

2.9. Statistische Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit One-way ANOVA durchgeführt. Beim Vorliegen von signifikanten Unterschieden erfolgte zudem ein paarweiser Vergleich mit dem ungepaarten Student T-Test. Werte mit einem $p < 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen. Zum Vergleichen des WOMAC Scores, des Knee Society Scores, der mediolateralen Stabilität und der Muskelkraft beider Kollektive wurden box und whisker plots angewendet. Die Begrenzungen des box plots stellen das untere Viertel (25. Perzentile) und das obere Viertel (75. Perzentile) dar, und die Höhe der Boxen stellt den Interquartilenbereich (IQB) dar. Die obere und die untere Whisker sind der $1,5 \times$ IQB Abstand von den Boxen Rändern und der Median ist als horizontale Linie in jeder Box angegeben. Die Darstellung der Werte erfolgte zur besseren Übersichtlichkeit ausreißer- und extremwertbereinigt. Zur Analyse der Daten wurde auf das Programm SigmaPlot (Version 9.0, Systat Software, Inc.; San Jose, CA, USA) und Microsoft Excel (Microsoft, USA) zurückgegriffen.

3. Ergebnisse

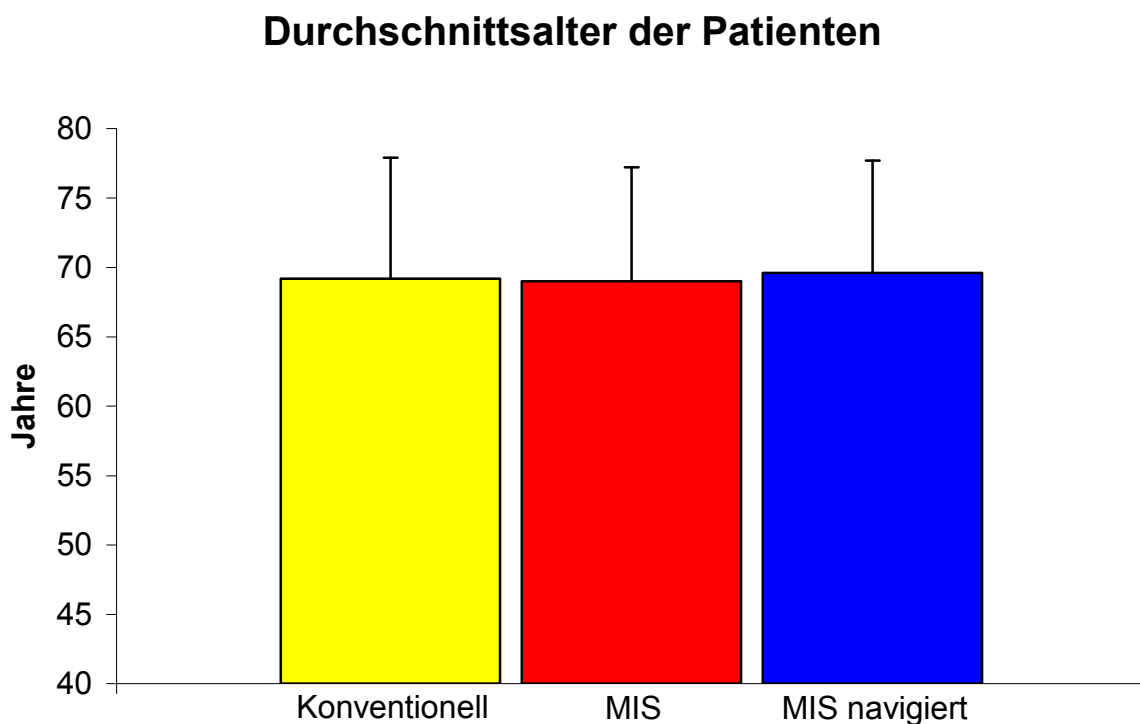
3.1. Demographische Angaben

Verhältnis weiblich zu männlich

Das Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten betrug in der konventionellen Gruppe 18:12, in der minimal invasiven Gruppe 23:7 (3,28:1) und 21:12 in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Daraus folgte eine Gesamtzahl von 60 Frauen und 30 Männern bei insgesamt 90 Patienten. Dies entspricht einem Verhältnis von genau 2:1.

Patientenalter

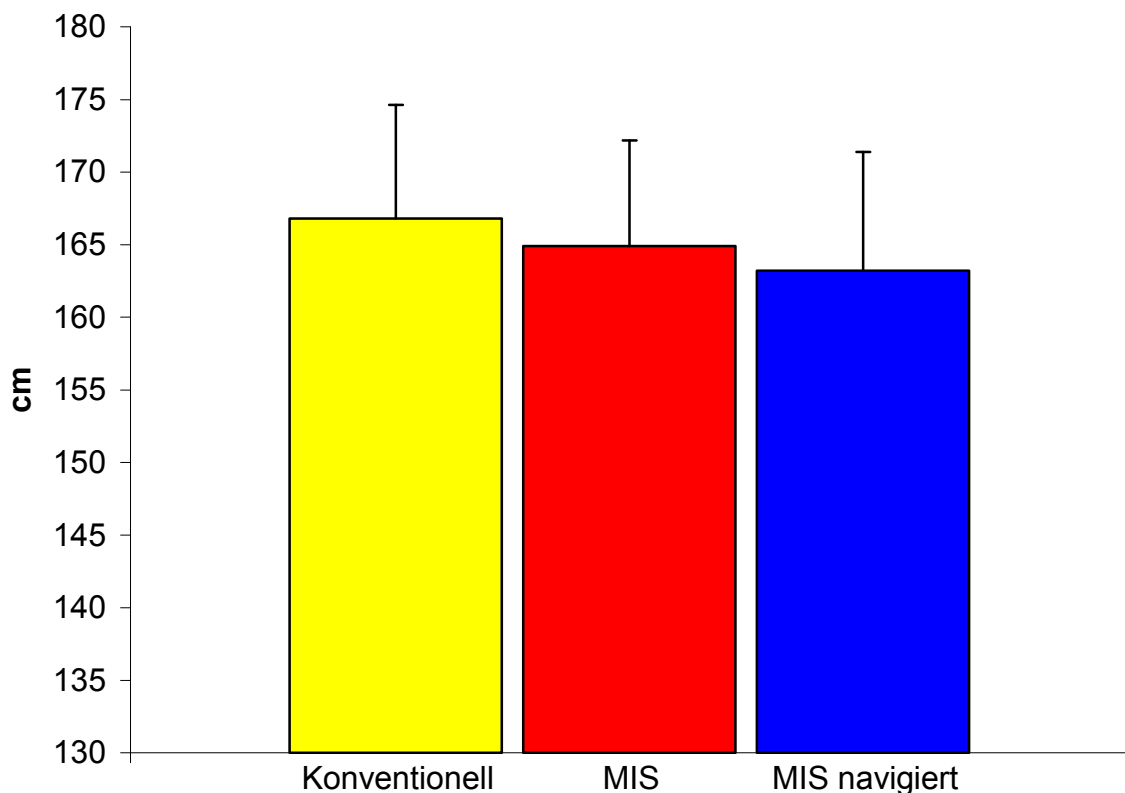
Das Durchschnittsalter der Patienten betrug in der konventionellen Gruppe 69,3 Jahre (SD 8,7), in der Gruppe der minimal invasiv operierten Patienten 69,0 Jahre (SD 8,2) und in der Gruppe der minimal invasiv navigationsgestützt operierten Patienten 69,6 Jahre (SD 8,1). Das Durchschnittsalter aller Patienten betrug demnach 69,3 Jahre (SD 8,2). Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,966$). Der jüngste Patient war 51 Jahre, der älteste Patient 80 Jahre alt.



Körpergröße

Die durchschnittliche Körpergröße lag bei 167 cm (SD 7,8) in der konventionell, 165 cm (SD 7,3) in der minimal invasiv und 165 cm (SD 8,2) in der minimal invasiv navigiert operierten Gruppe. Die durchschnittliche Körpergröße aller Patienten lag bei 165 cm (SD 8,2). Für alle drei Gruppen ergab sich ein p-Wert von 0,206, es bestand kein signifikanter Unterschied im Alter zwischen den 3 Gruppen.

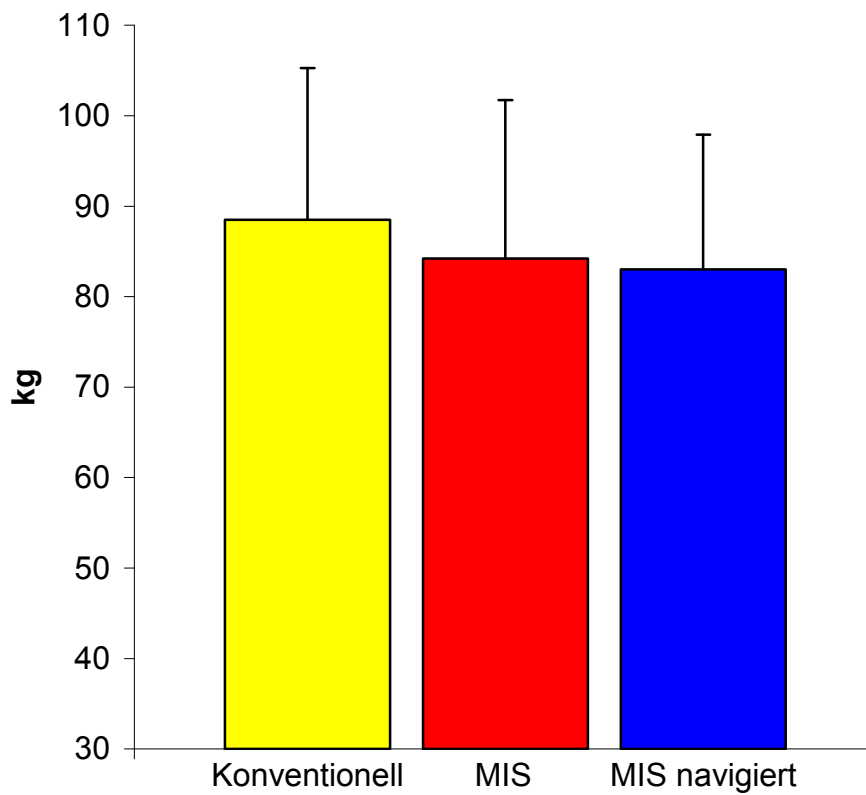
Durchschnittsgröße der Patienten



Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht der Patienten betrug 89,2 kg (SD 16,8) in der konventionellen, 84,2 kg (SD 17,6) in der minimal invasiven und 82,7 kg (SD 14,9) in der navigiert minimal invasiven Patientengruppe. Das Durchschnittsgewicht aller Patienten lag bei 85,4 kg (SD 16,5). Für alle drei Gruppen ergab sich $p = 0,396$. Der schwerste Patient hatte ein Gewicht von 128 kg, der leichteste Patient wog 56 kg.

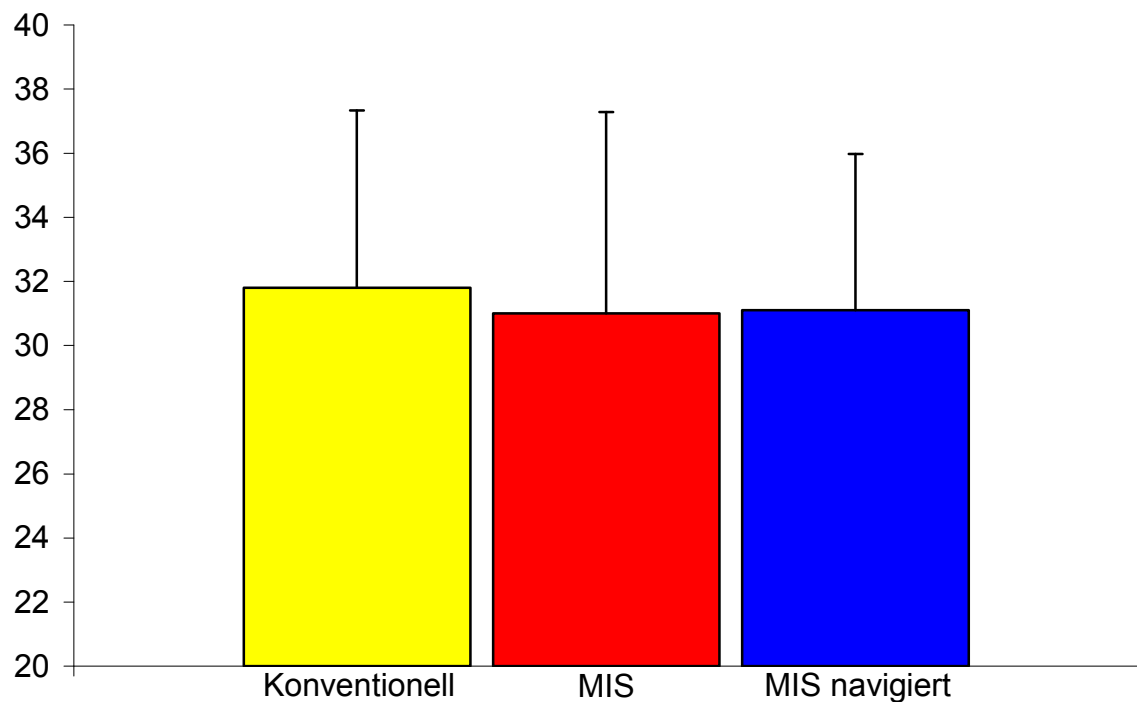
Durchschnittsgewicht der Patienten



BMI

Der durchschnittliche BMI- Wert lag bei 31,78 kg/qm (SD 5,4) in der konventionell operierten Gruppe, bei 31 kg/qm (SD 6,3) in der minimal invasiv operierten Gruppe und bei 31,11 kg/qm (SD 5,1) im minimal invasiv navigationsgestützt operierten Kollektiv . Für alle drei Gruppen ergab sich ein p-Wert von 0,842.

BMI Durchschnittswert der Patienten



Tabellarische Übersicht über die demographischen Parameter für die 3 Studiengruppen. Für alle untersuchten Parameter konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Patientengruppen festgestellt werden.

Parameter	Konventionell	MIS	MIS navigiert	p-Wert
Alter [Jahre.]	69 ± 9	69 ± 9	70 ± 8	ns
Body mass index	32 ± 6	31 ± 6	31 ± 5	ns
Präoperative				
Abweichung der Beinachse [°]	8 ± 3	8 ± 4	7 ± 4	ns
Total Knee Score [Punkte]	92 ± 20	101 ± 18	98 ± 22	ns
WOMAC [Punkte]	64 ± 13	57 ± 12	62 ± 12	ns

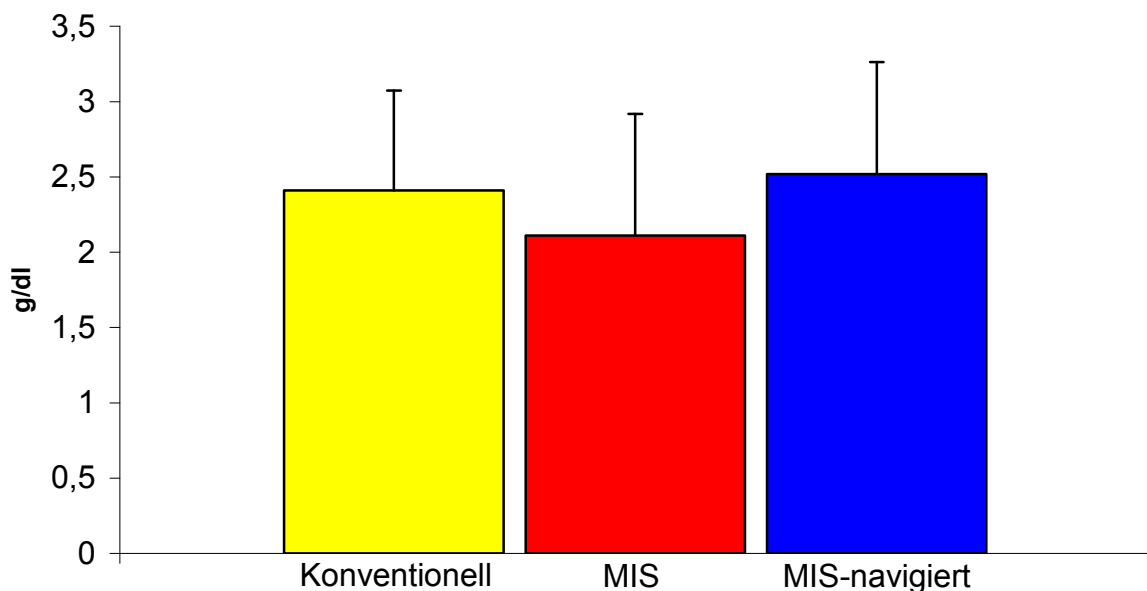
Tabelle 1: Demographische Angaben

3.2. Operationsbezogene Daten

Hb-Wert

Bei allen Patienten wurde präoperativ sowie 24 h postoperativ der Hb-Wert gemessen und dokumentiert. Für alle drei Patientengruppen wurde der durchschnittliche Hb-Abfall errechnet. Dieser betrug in der konventionellen Gruppe 2,4 g/dl (SD 0,7), in der minimal invasiven Gruppe 2,1 g/dl (SD 0,8) sowie 2,5 g/dl (SD 0,7) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Der p-Wert betrug 0,122 für die Gruppen konventionell und minimal-invasiv, $p=0,535$ für die Gruppen konventionell und navigiert MIS, sowie $p=0,044$ für die Gruppen minimal-invasiv und navigiert MIS. Demnach bestand ein signifikanter Unterschied zwischen der minimal invasiven und der minimal invasiv navigierten Gruppe bezüglich des Blutverlustes in den ersten 24 h nach der Operation. Zwischen der konventionellen und der minimal invasiven Gruppe sowie zwischen konventioneller und navigierter Gruppe konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Durchschnittlicher Abfall des Hb-Wertes 24 h postoperativ

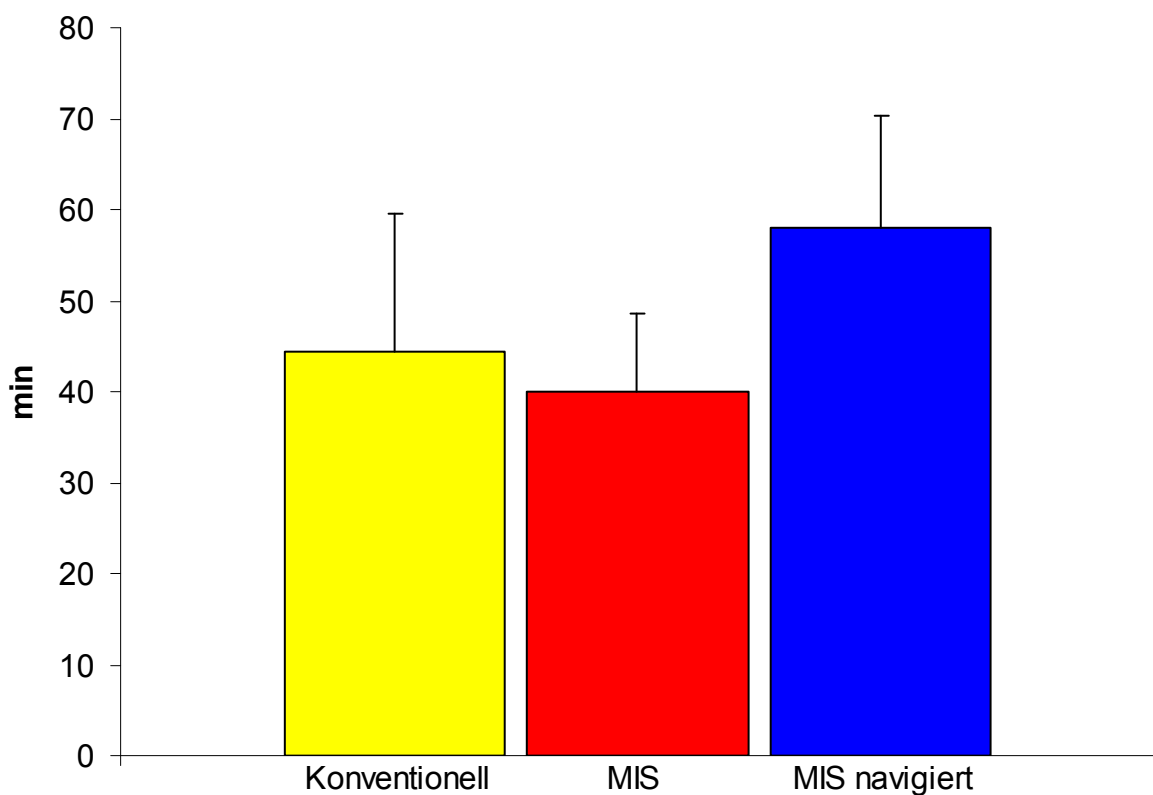


OP-Dauer

Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 44,5 min (SD 13,7) in der konventionell, 40 min (SD 8,6) in der minimal invasiv sowie 58 min (SD 11,7) in der minimal invasiv navigationsgestützt operierten Patientengruppe. Der p-Wert betrug 0,264 für die Gruppen konventionell und minimal-invasiv, $p < 0,001$ für die Gruppen konventionell und navigiert MIS, sowie ebenfalls $< 0,001$ für die Gruppen minimal-invasiv und navigiert MIS. Daraus resultierte $p < 0,001$ für alle drei Gruppen.

Demnach bestand ein signifikanter Unterschied sowohl zwischen konventioneller und minimal invasiv navigierter Gruppe als auch zwischen minimal invasiver und minimal invasiv navigierter Gruppe. Im Vergleich von konventioneller und minimal invasiver Gruppe konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Die Dauer der kürzesten Operation betrug 26 min, die mit der längsten Dauer 86 min.

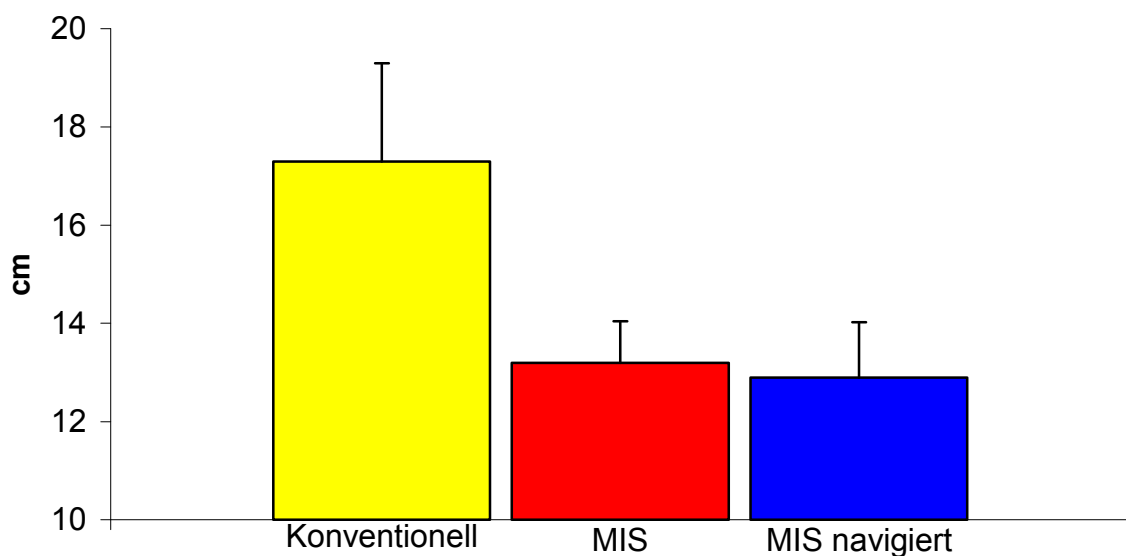
Durchschnittliche Operationsdauer in den einzelnen Patientengruppen in Minuten



Schnittlänge

Die durchschnittliche Schnittlänge lag bei 17,5 cm (SD 2,0) in der konventionellen, bei 13,3 cm (SD 0,8) in der minimal invasiven und bei 13 cm (SD 1,1) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Es ergab sich ein p-Wert $<0,001$ für die Gruppen konventionell und minimal-invasiv, $p<0,001$ für die Gruppen konventionell und navigiert MIS, sowie $p=0,511$ für die Gruppen minimal-invasiv und navigiert MIS. Demnach bestand ein signifikanter Unterschied zwischen der konventionell operierten Gruppe auf der einen und den beiden minimal invasiv operierten Gruppen auf der anderen Seite. Zwischen den beiden minimal invasiv versorgten Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Durchschnittliche Schnittlänge in den einzelnen Patientengruppen



3.3. Untersuchungsergebnisse

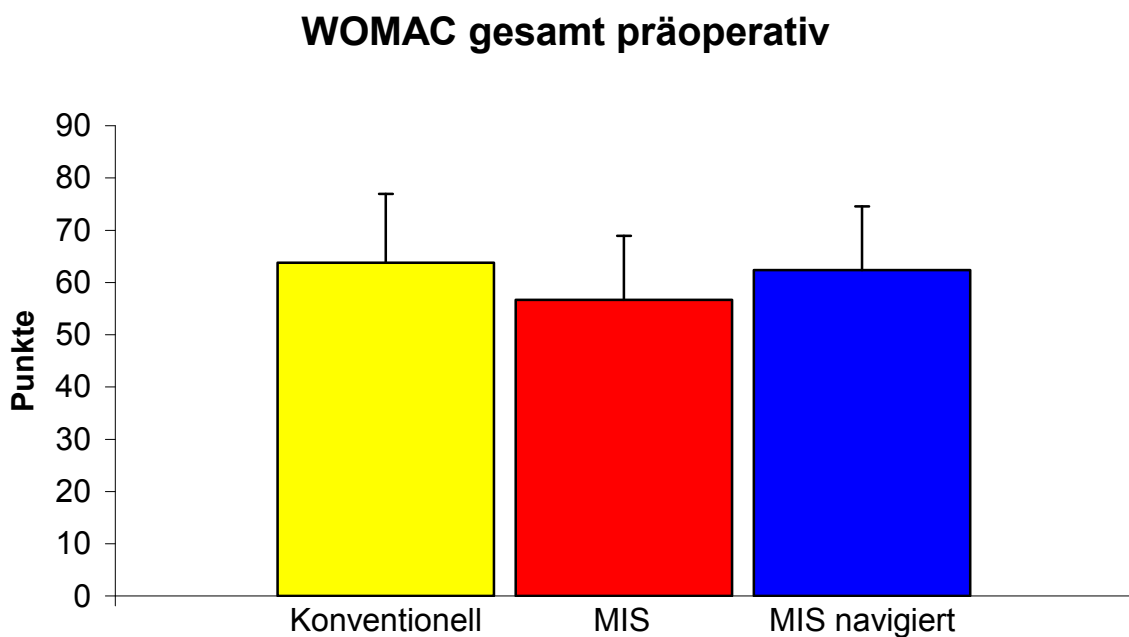
3.3.1. Präoperativ

3.3.1.1. WOMAC Score

Nach Erhebung der einzelnen Teile (A, B und C) des WOMAC Fragebogens werden diese letztendlich zu einem Ergebnis, dem WOMAC Score, addiert.

3.1.4.1. Präoperativ

Bei der präoperativen Befragung der Patienten wurde ein WOMAC Score von 63,8 Punkten (SD 13,1) in der konventionellen Gruppe, 56,7 Punkten (SD 12,3) in der MIS Gruppe sowie 62,4 Punkten (SD 12,2) in der Gruppe der navigationsgestützt operierten Patienten erreicht. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,134$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,664$, sowie $p=0,077$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,072$.



WOMAC A

Bezüglich des ersten Teils des WOMAC Scores wurden Durchschnittswerte von 12,7 Punkten (SD 3,1) in der konventionellen Gruppe, 11,2 Punkten (SD 3,3) in der MIS Gruppe und 11,8 Punkten (SD 2,4) in der minimal invasiv navigierten Gruppe erreicht.

WOMAC B

Im zweiten Teil wurden Durchschnittswerte von 3,2 Punkten (SD 2,2) in der konventionellen Gruppe, 2,9 Punkten (SD 2,1) in der MIS Gruppe, sowie 3,4 Punkten (SD 1,7) in der navigiert minimal invasiven Gruppe erreicht.

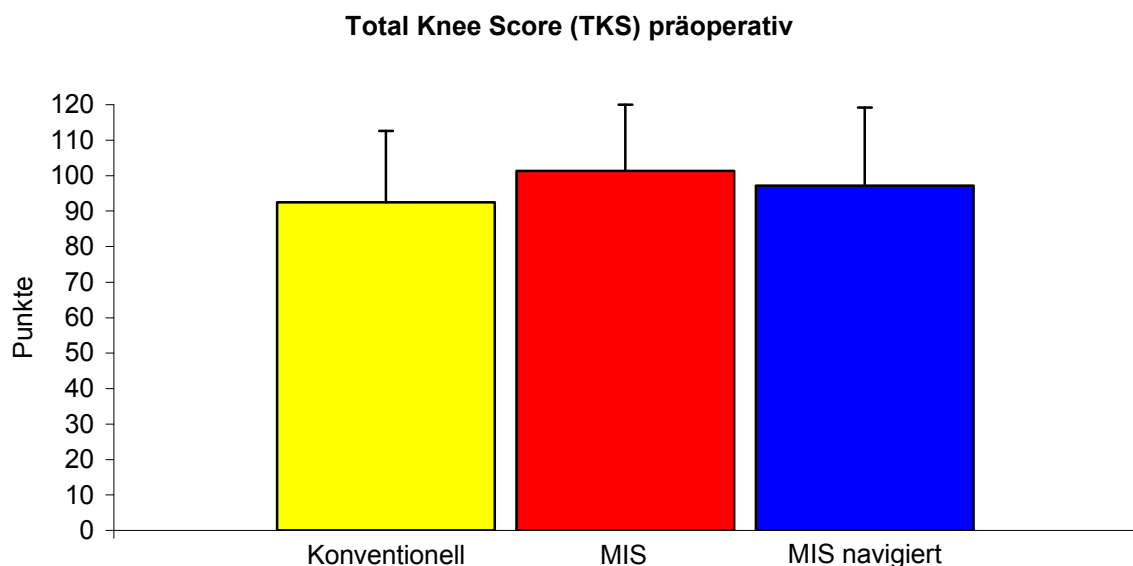
WOMAC C

Im dritten Teil des WOMAC Fragebogens wurden Durchschnittswerte von 48,1 Punkten (SD 10,2) in der konventionellen Gruppe, 42,9 Punkten (SD 9,3) in der MIS Gruppe, sowie 47,3 Punkten (SD 10,6) in der navigiert minimal invasiven Gruppe erreicht.

In allen drei Teilen ergab der zum Vergleich der einzelnen Patientengruppen durchgeführte t-Test Werte von $p > 0,05$ und somit keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen.

3.3.1.2. KSS Score

Resultierend aus Knee Score und Function Score ergaben sich präoperativ Durchschnittswerte von 92,5 Punkten (SD 20,1) in der konventionellen, 101,3 Punkten (SD 18,7) in der minimal invasiven und 97,2 Punkten (SD 22,0) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,083$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,385$ sowie $p = 0,554$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,246$.



Knee Score

Im ersten Teil des KSS wurden Durchschnittswerte von 46,1 Punkten (SD 11,1) in der konventionellen Gruppe, 50,8 Punkten (SD 10,1) in der MIS Gruppe sowie von 49,4 Punkten (SD 12,2) in der navigiert minimal invasiv operierten Gruppe erreicht.

Function Score

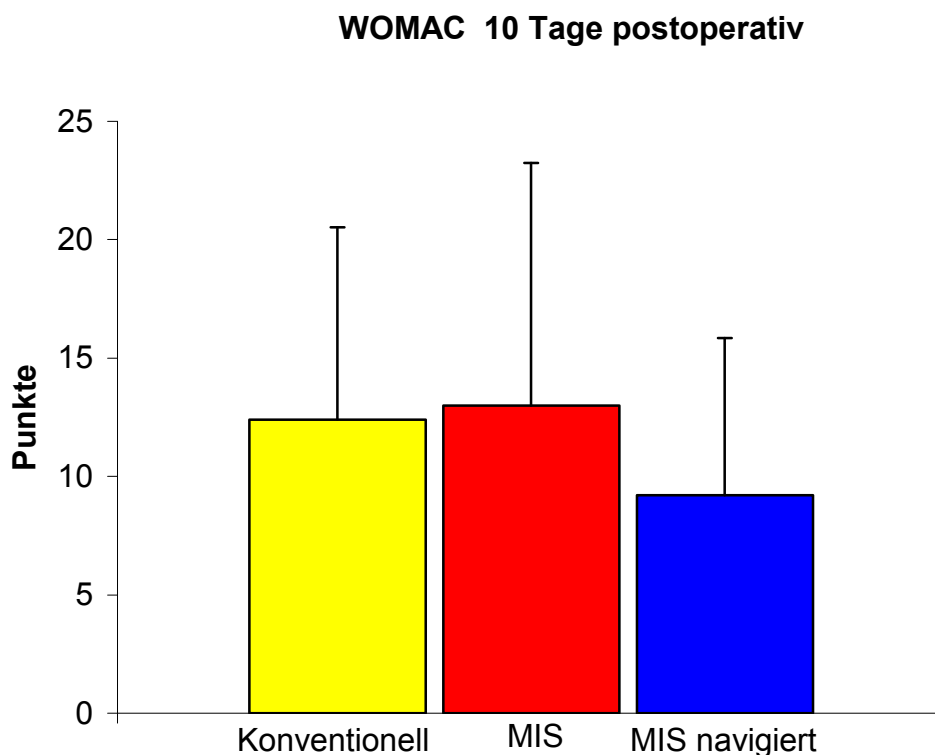
Im zweiten Abschnitt wurden Durchschnittswerte von 46,3 Punkten (SD 9,2) in der konventionellen Gruppe, 50,3 Punkten (SD 8,5) in der MIS Gruppe sowie von 48,2 Punkten (SD 10,1) in der navigiert minimal invasiv operierten Gruppe erreicht.

Der Vergleich aller drei Gruppen ergab in beiden Scores $p > 0,05$ und somit keinen signifikanten Unterschied.

3.3.2. 10 Tage postoperativ

3.3.2.1. WOMAC Score

Bei der ersten Untersuchung postoperativ nach zehn Tagen wurden Durchschnittswerte von 12,4 (SD 8,1) in der konventionellen Gruppe, 13,0 Punkten (SD 10,2) in der MIS Gruppe und 9,2 Punkten (SD 6,7) in der minimal invasiv navigierten Gruppe bezüglich des WOMAC Scores gemessen. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,824$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,100$, sowie $p = 0,099$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,188$.



WOMAC A

Im ersten Teil wurden Durchschnittswerte von 3,2 (SD 2,7) in der konventionellen Gruppe, 3,6 Punkten (SD 3,4) in der MIS Gruppe und 2,2 Punkten (SD 1,8) in der minimal invasiv navigierten Gruppe gemessen.

WOMAC B

Im zweiten Teil wurden Durchschnittswerte von 2,1 (SD 1,5) in der konventionellen Gruppe, 1,6 Punkten (SD 1,4) in der MIS Gruppe und 1,9 Punkten (SD 1,2) in der minimal invasiv navigierten Gruppe erreicht.

WOMAC C

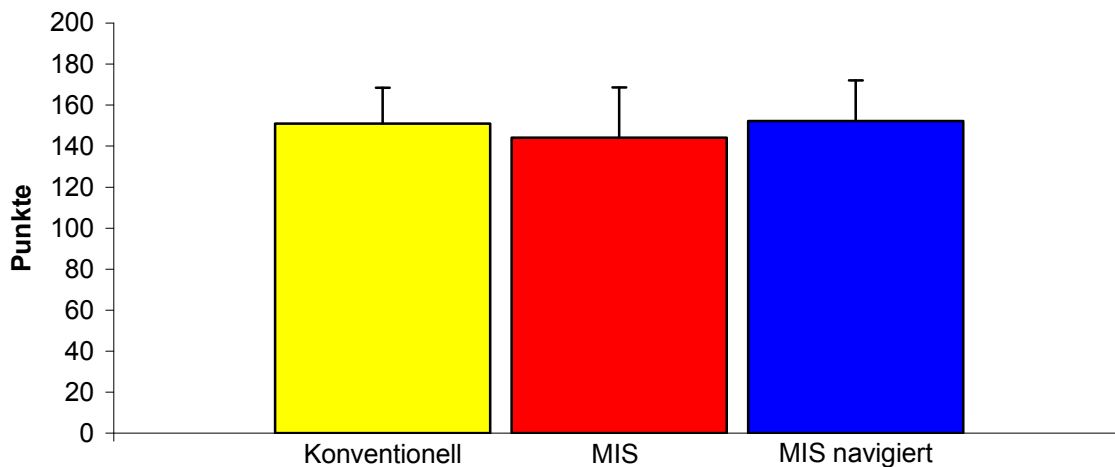
Im dritten Teil des WOMAC Scores wurden Durchschnittswerte von 7,2 (SD 5,1) in der konventionellen Gruppe, 8,0 Punkten (SD 7,4) in der MIS Gruppe und 5,2 Punkten (SD 4,4) in der minimal invasiv navigierten Gruppe gemessen.

Der zum Vergleich der einzelnen Patientengruppen durchgeführte t-Test ergab für alle drei Gruppen $p > 0,05$ und daraus resultierend keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

3.3.3.2. KSS

10 Tage nach der Operation wurden bezüglich des TKS Durchschnittswerte von 150,9 Punkten (SD 17,6) in der konventionellen Gruppe, 150 Punkten (SD 24,6) in der MIS Gruppe sowie 152,5 Punkten (SD 19,9) in der minimal invasiv navigierten Gruppe erreicht. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,217$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,830$ sowie $p = 0,146$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,366$.

Total Knee Score (TKS) 10 Tage postoperativ



Knee Score

Im ersten Teil des KSS wurden Durchschnittswerte von 74,5 Punkten (SD 9,7) in der konventionellen Gruppe, 73,8 Punkten (SD 12,6) in der MIS Gruppe sowie 78 Punkten (SD 10,3) in der minimal invasiv navigierten Gruppe erreicht.

Function Score

Im zweiten Abschnitt wurden Durchschnittswerte von 71 Punkten (SD 9,5) in der konventionellen Gruppe, 70,2 Punkten (SD 12,8) in der MIS Gruppe sowie 74,5 Punkten (SD 9,8) in der minimal invasiv navigierten Gruppe gemessen.

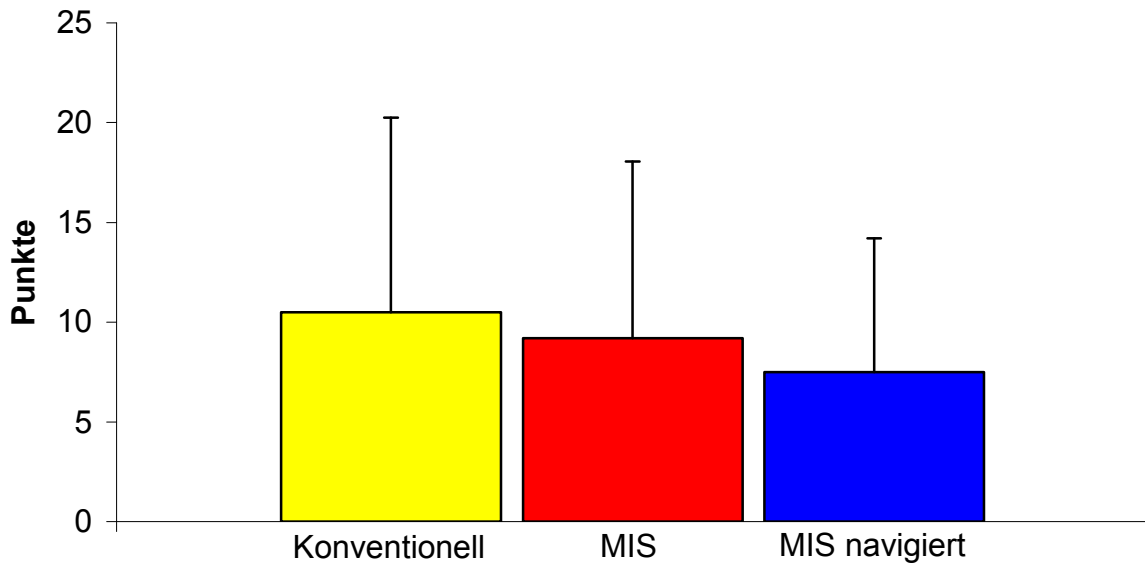
Im Vergleich aller drei Patientengruppen wurden in beiden Scores Werte von $p > 0,05$ und somit kein signifikanter Unterschied erreicht.

3.3.3. 6 Wochen postoperativ

3.3.3.1. WOMAC Score

Nach sechs Wochen lag der WOMAC Score durchschnittlich bei 10,5 Punkten (SD 9,7) in der konventionell operierten Gruppe. Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 9,1 Punkten (SD 8,9) und die in der navigierten Gruppe bei 7,5 Punkten (SD 6,7). Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,712$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,297$ sowie $p = 0,657$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,617$.

WOMAC 6 Wochen postoperativ



WOMAC A

Im ersten Abschnitt des Scores erreichte die konventionelle Gruppe einen Durchschnittswert von 2,4 Punkten (SD 2,5). Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 1,9 Punkten (SD 2,3) und die in der navigierten Gruppe bei 1,6 Punkten (SD 1,5).

WOMAC B

Im zweiten Teil erreichte die konventionelle Gruppe einen Durchschnittswert von 1,9 Punkten (SD 1,4). Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 1,5 Punkten (SD 1,2) und die in der navigierten Gruppe bei 1,5 Punkten (SD 1,3).

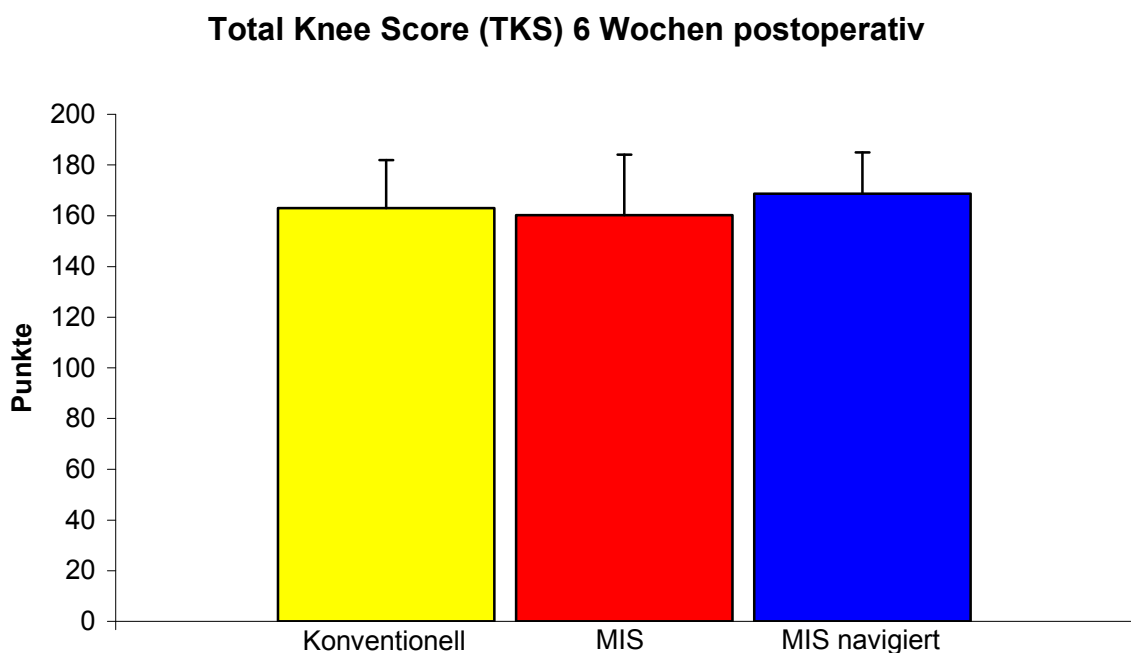
WOMAC C

Im dritten Abschnitt erreichte die konventionelle Gruppe einen Durchschnittswert von 6,2 Punkten (SD 6,3). Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 5,7 Punkten (SD 6,0) und die in der navigierten Gruppe bei 4,5 Punkten (SD 4,8).

In allen drei Teilen des WOMAC Scores ergab der Vergleich der einzelnen Patientengruppen $p > 0,05$ und somit keinen signifikanten Unterschied.

3.3.3.2. KSS

Sechs Wochen nach der Operation lag der TKS durchschnittlich bei 163 Punkten (SD 18,9) in der konventionell operierten Gruppe. Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 160 Punkten (SD 23,8) und die in der navigierten Gruppe bei 168,6 Punkten (SD 16,4). Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,628$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,226$ sowie $p=0,122$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,265$.



Knee Score

Der Knee Score lag durchschnittlich bei 83,2 Punkten (SD 9,0) in der konventionell operierten Gruppe. Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 81,3 Punkten (SD 12,2) und die in der navigierten Gruppe bei 85,9 Punkten (SD 7,5).

Function Score

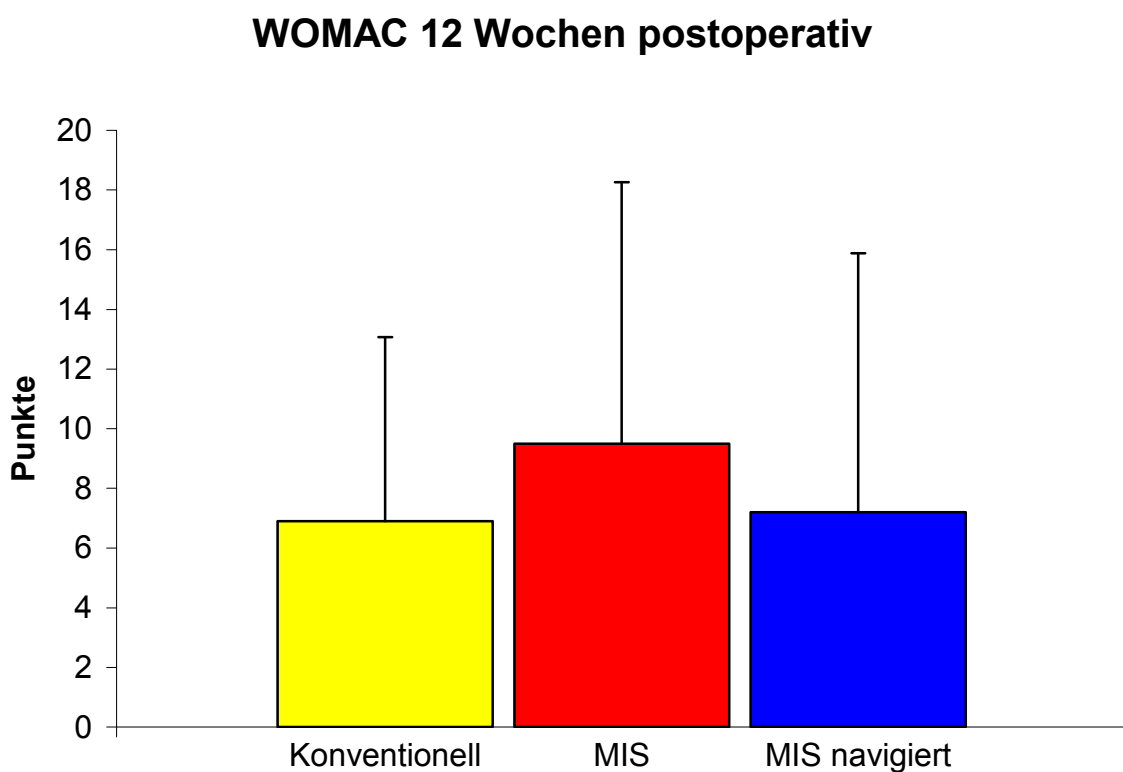
Der Function Score erreichte durchschnittlich 79,8 Punkte (SD 10,0) in der konventionell operierten Gruppe. Die Durchschnittswerte in der MIS Gruppe lagen bei 78 Punkten (SD 12,4) und die in der navigierten Gruppe bei 82,7 Punkten (SD 9,1).

Für beide Scores ergab sich beim Vergleich aller drei Gruppen $p > 0,05$ und somit kein signifikanter Unterschied.

3.3.4. 12 Wochen postoperativ

3.3.4.1 WOMAC Score

Die letzte Untersuchung drei Monate nach der Operation ergab einen WOMAC Score von durchschnittlich 6,9 Punkten (SD 6,1) in der konventionellen, 9,5 Punkten (SD 8,8) in der minimal invasiven und 7,2 Punkten (SD 8,7) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,425$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,595$, sowie $p = 0,160$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,372$.



WOMAC A

Der WOMAC A ergab Durchschnittswerte von 1,5 Punkten (SD 1,5) in der konventionellen, 1,8 Punkten (SD 1,9) in der minimal invasiven und 1,4 Punkten (SD 2,0) in der minimal invasiv navigierten Gruppe.

WOMAC B

Im zweiten Teil des Scores wurden Durchschnittswerte von 0,9 Punkten (SD 1,1) in der konventionellen, 1,1 Punkten (SD 1,2) in der minimal invasiven und 1,2 Punkten (SD 1,2) in der minimal invasiv navigierten Gruppe erreicht.

WOMAC C

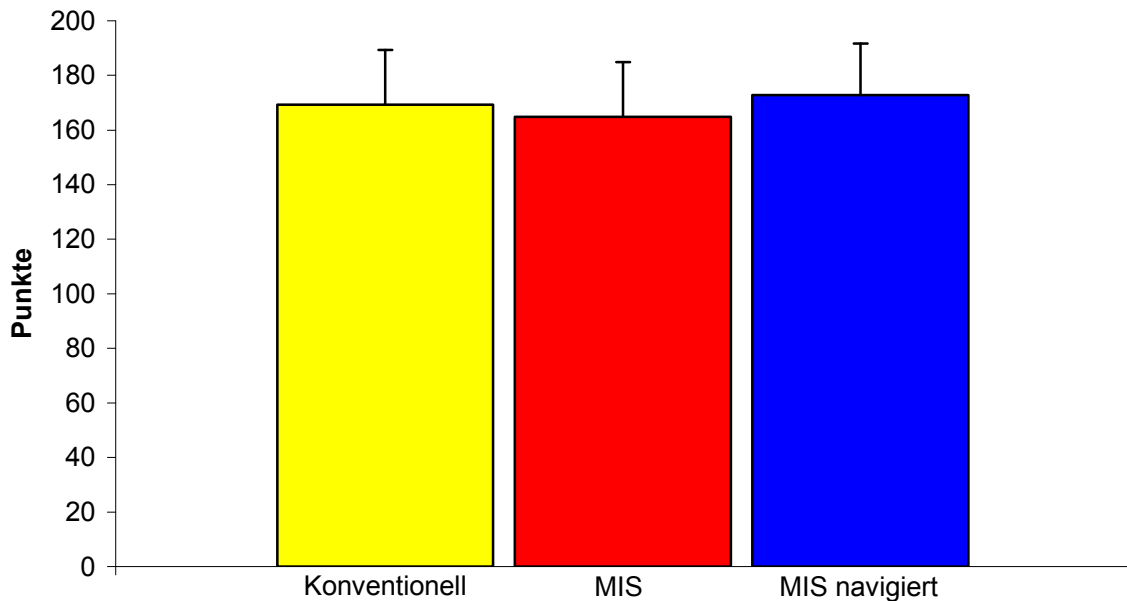
Im dritten Abschnitt ergaben sich Durchschnittswerte von 4,5 Punkten (SD 4,5) in der konventionellen, 6,6 Punkten (SD 6,5) in der minimal invasiven und 4,6 Punkten (SD 5,9) in der minimal invasiv navigierten Gruppe.

Der Vergleich der einzelnen Patientengruppen ergab $p > 0,05$ und daraus resultierend keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Patientengruppen.

3.3.4.2. KSS

Für den TKS drei Monate nach der Operation ergaben sich Durchschnittswerte von 169,1 Punkten (SD 20,1) in der konventionellen, 164,8 Punkten (SD 20,1) in der minimal invasiven und 172,8 Punkten (SD 19,0) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p = 0,403$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p = 0,496$ sowie $p = 0,118$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p = 0,164$.

Total Knee Score (TKS) 12 Wochen postoperativ



Knee Score

Der Knee Score erreichte Werte von durchschnittlich 86,2 Punkten (SD 9,0) in der konventionellen, 83,3 Punkten (SD 9,2) in der minimal invasiven und 87,3 Punkten (SD 8,8) in der minimal invasiv navigierten Gruppe.

Function Score

Der Function Score ergab Durchschnittswerte von 83 Punkten (SD 11,3) in der konventionellen, 81,5 Punkten (SD 11,1) in der minimal invasiven und 85,5 Punkten (SD 10,4) in der minimal invasiv navigierten Gruppe.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Patientengruppen bestand mit $p > 0,05$ in beiden Scores nicht.

Parameter	Konventionell	MIS	MIS navigiert	p-Wert
10 Tage				
Total Knee Score	146± 19	144 ± 25	153 ± 20	ns
Knee Score	75 ± 10	74 ± 13	78 ± 10	ns
Functional Score	71± 10	70 ± 12	75 ± 10	ns
WOMAC	12 ± 8	13 ± 10	9 ± 7	ns
WOMAC A	3 ± 3	4 ± 3	2 ± 2	ns
WOMAC B	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	ns
WOMAC C	7 ± 5	8 ± 7	5 ± 4	ns
6 Wochen				
Total Knee Score	163 ± 19	159 ± 24	169 ± 16	ns
Knee Score	83 ± 9	81 ± 12	86 ± 8	ns
Functional Score	80 ± 10	78 ± 12	83 ± 9	ns
WOMAC	11 ± 10	9 ± 9	8 ± 7	ns
WOMAC A	2 ± 3	2 ± 2	2 ± 2	ns
WOMAC B	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	ns
WOMAC C	6 ± 6	6 ± 6	4 ± 5	ns
12 Wochen				
Total Knee Score	169 ± 20	165 ± 20	173 ± 19	ns
Knee Score	86 ± 9	83 ± 9	87 ± 9	ns
Functional Score	83 ± 11	82 ± 11	86 ± 10	ns
WOMAC	7 ± 6	10 ± 9	7 ± 9	ns
WOMAC A	2 ± 1	2 ± 2	1 ± 2	ns
WOMAC B	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	ns
WOMAC C	4 ± 5	7 ± 7	5 ± 6	ns

Tabelle 2: Auswertung von WOMAC-Score und KSS

3.4. Röntgenbildauswertung

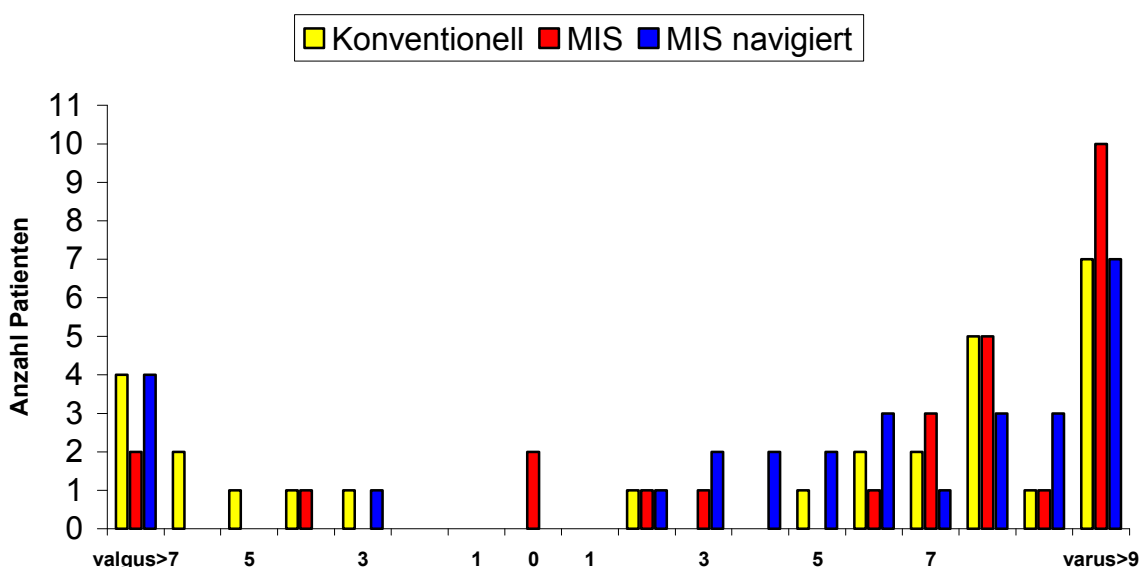
Sowohl prä- als auch postoperativ wurde eine Kontrolle der Röntgenaufnahmen durchgeführt. Während bei den präoperativen Bildern lediglich die Achsfehlstellung gemessen wurde, wurde bei den postoperativen Aufnahmen, die eine Woche nach der Operation angefertigt wurden, durch die bereits erwähnte Messung bestimmter Winkel, auf die genaue Lage des Implantates geachtet.

3.4.1. Präoperative Beinachsenvermessung

In der präoperativen Messung zeigte sich eine durchschnittliche Beinachsenabweichung von $8,1^\circ$ (SD 3,24) in der konventionellen Gruppe, $8,1^\circ$ (SD 3,98) in der minimal invasiven Gruppe sowie $7,3^\circ$ (SD 3,66) in der minimal invasiv navigiert operierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $P=0,865$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $P=0,375$ sowie $P=0,359$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,566$.

67 Patienten waren hierbei von einer Varus-Fehlstellung betroffen, 21 Patienten von einer Valgus-Fehlstellung. Bei zwei Patienten konnte keine Achsfehlstellung nachgewiesen werden. Die maximalen Werte lagen bei 16° Varus- bzw. 13° Valgusfehlstellung.

Präoperative Verteilung der Beinachsen

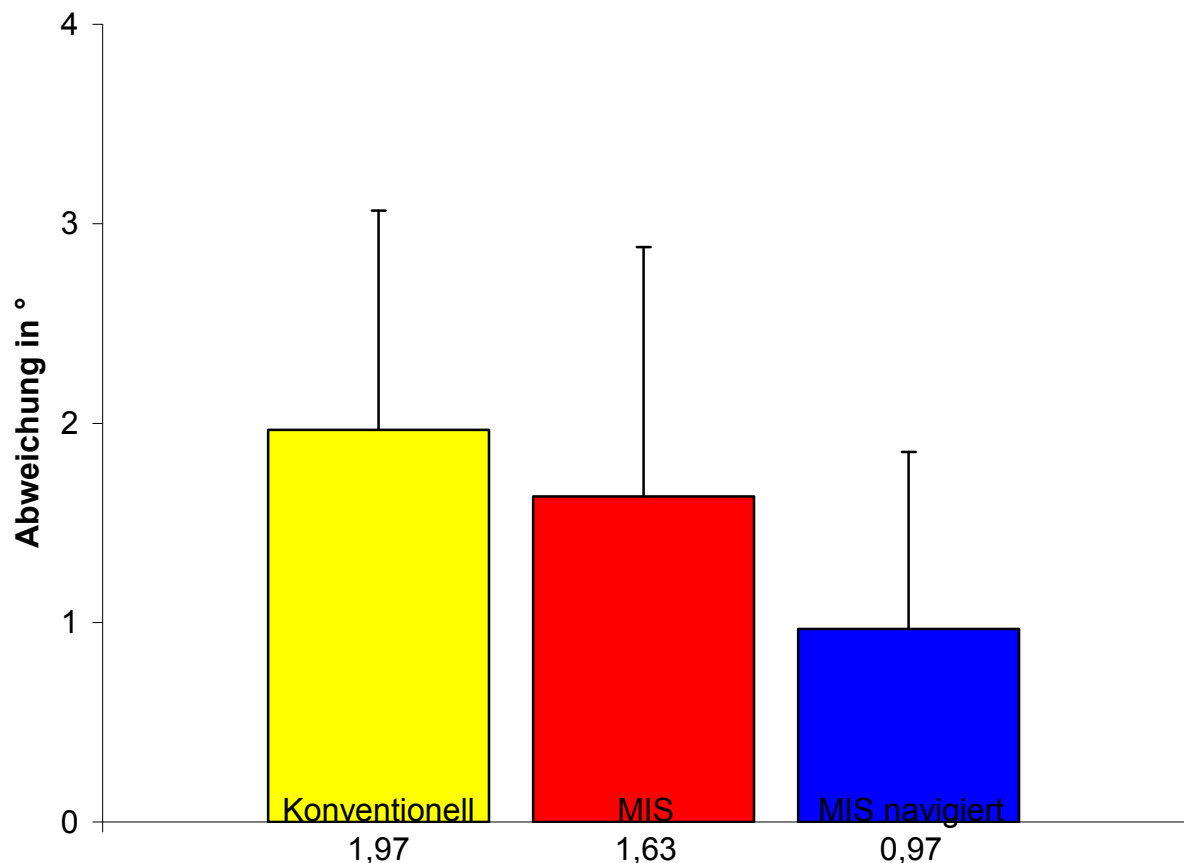


3.4.2. Postoperative Röntgenbildvermessung

Bei der postoperativen Röntgenkontrolle wurden, wie bereits erwähnt mit HKA, FFC, FTC, LFC und LTC fünf Winkel gemessen, die auf die exakte Lage des Implantates schließen lassen.

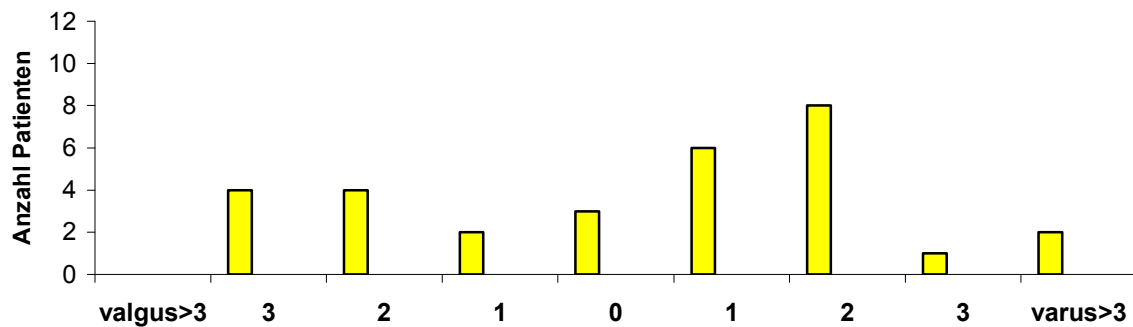
Die postoperative Achsabweichung lag bei durchschnittlich $2,0^\circ$ (SD 1,10) in der konventionellen, $1,6^\circ$ (SD 1,25) in der minimal invasiven sowie bei $1,0^\circ$ (SD 0,89) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,261$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p<0,001$ sowie $p=0,041$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Demnach bestand ein signifikanter Unterschied sowohl zwischen der konventionellen und der minimal invasiv navigierten Gruppe als auch zwischen der minimal invasiven und der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die minimal invasive Gruppe konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Durchschnittliche postoperative Achsabweichung

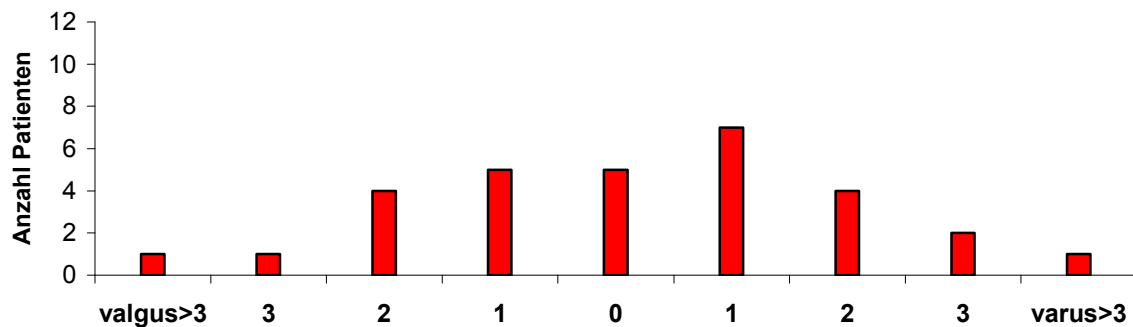


Bei zwei Patienten aus der konventionellen und zwei aus der minimal invasiven Gruppe konnte postoperativ eine Achsabweichung von $> 3^\circ$ varus oder valgus durch Messung des HKA festgestellt werden. In der navigierten Gruppe lagen alle Patienten im angestrebten Zielbereich von $\pm 3^\circ$ varus/valgus.

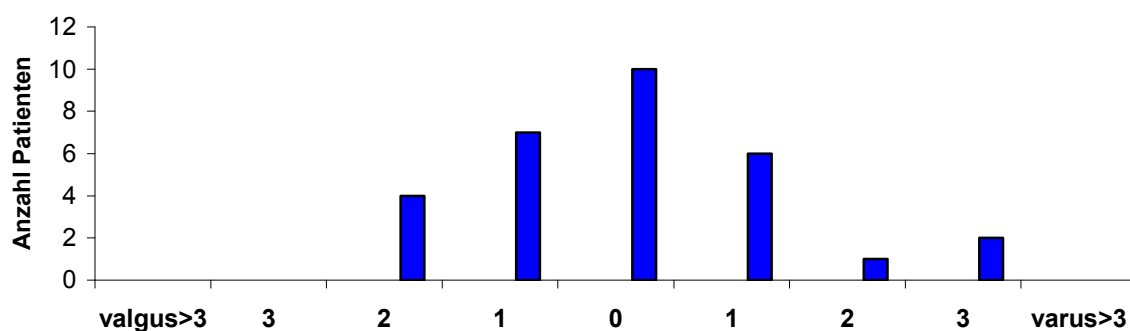
Postoperative Verteilung der Beinachsen in der konventionellen Patientengruppe



Postoperative Verteilung der Beinachsen in der minimal invasiven Gruppe



Postoperative Verteilung der Beinachsen in der minimal invasiv navigierten Gruppe



Bezüglich des FFC fand sich lediglich ein Patient in der minimal invasiven Gruppe mit einer Abweichung von $> \pm 3^\circ$. Beim FTC waren es zwei Patienten (konventionell und minimal invasiv).

parameter	Konventionell	MIS	MIS navigiert	p-Wert
Frontalebene				
Beinachse	2.1 ± 1.1	1.8 ± 1.2	1.0 ± 0.9	Kon/MIS : ns Kon/MIS-nav : $p < 0.05$ MIS/MIS-nav : $p < 0.05$
Femorale Komp.	1.4 ± 0.9	1.3 ± 1.0	0.8 ± 0.8	Kon/MIS : ns Kon/MIS-nav : ns MIS/MIS-nav : $p < 0.05$
Tibiale Komp.	1.5 ± 0.9	1.4 ± 1.2	0.8 ± 0.9	Kon/MIS : ns Kon/MIS-inv : $p < 0.05$ MIS/MIS-nav : $p < 0.05$
Sagittalebene				
Femorale Komp.	11.1 ± 3.8	8.9 ± 1.5	7.4 ± 3.1	Kon/MIS : ns Kon/MIS-nav : $p < 0.05$ MIS/MIS-nav : $p < 0.05$
Tibiale Komp.	2.5 ± 1.8	2.5 ± 1.3	1.9 ± 1.7	Kon/MIS : ns Kon/MIS-nav : ns MIS/MIS-nav : $p < 0.05$

Tabelle 3: Ergebnisse der Röntgenbildvermessung

Im Hinblick auf die seitliche Aufnahme (LFC, LTC) konnten keine auffälligen Fehlstellungen der Prothesenkomponenten festgestellt werden. Die Durchschnittswerte in der konventionellen Gruppe lagen bei 11° bezüglich LFC sowie 87,2° bezüglich LTC. Die minimal invasive Gruppe erreichte Durchschnittswerte von 8,9° bzw. 88,8°, die minimal invasiv navigierte Gruppe Werte von 7,4° und 89,1°. Es bestanden jedoch signifikante Unterschiede im Vergleich der navigiert operierten Patienten mit den mit Freihandtechnik operierten Patienten bezüglich der Ausrichtung der einzelnen Prothesenkomponenten, sowohl in der Frontal als auch in der Sagittalebene (Tabelle).

3.5. Subjektive Patientenzufriedenheit.

Hierunter wurden mehrere Fragen zusammengefasst, die auf die spezielle subjektive Patientenzufriedenheit abzielten. Die Patienten füllten bei der letzten postoperativen Untersuchung nach zwölf Wochen einen Fragebogen aus.

Jeder Antwortmöglichkeit ist im Schulnotenprinzip ein bestimmter Punktwert zugeordnet. Die Antwort „immer“ ergab einen Punkt die Antwort „Nie“ ergab fünf Punkte. Alle 90 Patienten beantworteten sämtliche Fragen. Die Note sechs für „keine Antwort“ wurde also nicht vergeben. Im Bezug auf die Einnahme von Schmerzmedikamenten für das operierte Knie wurde die tägliche Einnahme mit einem Punkt bis hin zur fehlenden Einnahme mit fünf Punkten bewertet.

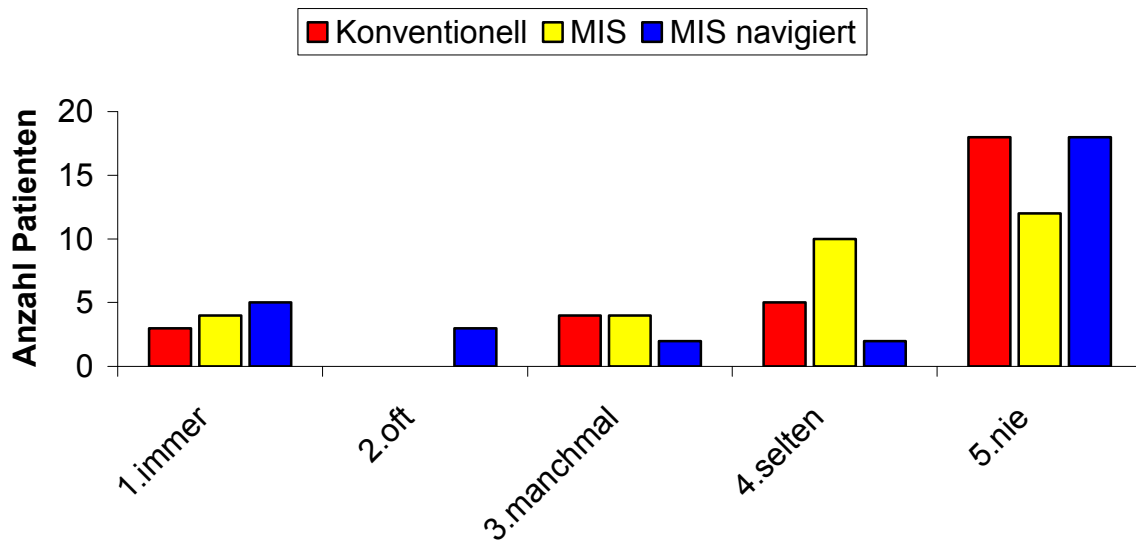
Aus den vorliegenden Ergebnissen wurden der jeweilige Durchschnittswert, die Standardabweichung, sowie die Signifikanz errechnet.

3.5.1. Medikamenteneinnahme

Nach der angegebenen Befragung ergaben sich Durchschnittswerte von 4,2 (SD 1,29) in der konventionellen Gruppe, 3,9 (SD 1,33) in der minimal invasiven Gruppe sowie 3,8 (SD 1,62) in der minimal invasiv navigiert versorgten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,257$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,700$ sowie $p=0,539$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,481$.

Zwischen allen drei Patientengruppen bestand demnach kein signifikanter Unterschied bezüglich der Medikamenteneinnahme zwölf Wochen nach der Operation.

Einnahme von Schmerzmedikamenten 12 Wochen postoperativ

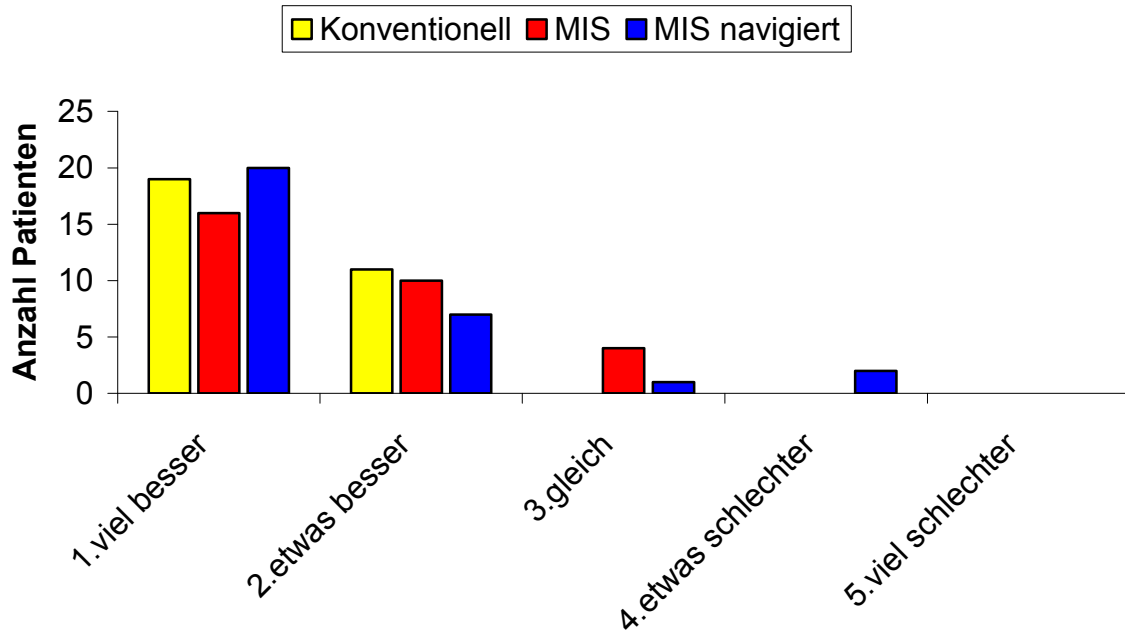


3.5.2. Vergleich prä-/postoperativ

Auf die Frage wie die Patienten das operierte Gelenk im Vergleich zur vor der Operation bewerten würden, antworteten in allen drei Gruppen, mehr als 50% der Patienten mit „viel besser“ (konventionell 63%, MIS 53%, MIS navigiert 66%). Lediglich zwei Patienten der navigierten Gruppe stuften das Ergebnis als „etwas schlechter“ im Vergleich zu vor der Operation ein. Die Durchschnittswerte lagen bei 1,4 (SD 0,49) in der konventionellen, 1,6 (SD 0,72) in der minimal invasiven und 1,5 (SD 0,86) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,325$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,988$ sowie $p=0,419$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,478$.

Daraus resultierend bestand auch in dieser Befragung kein signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen.

Vergleich prä-/postoperativ

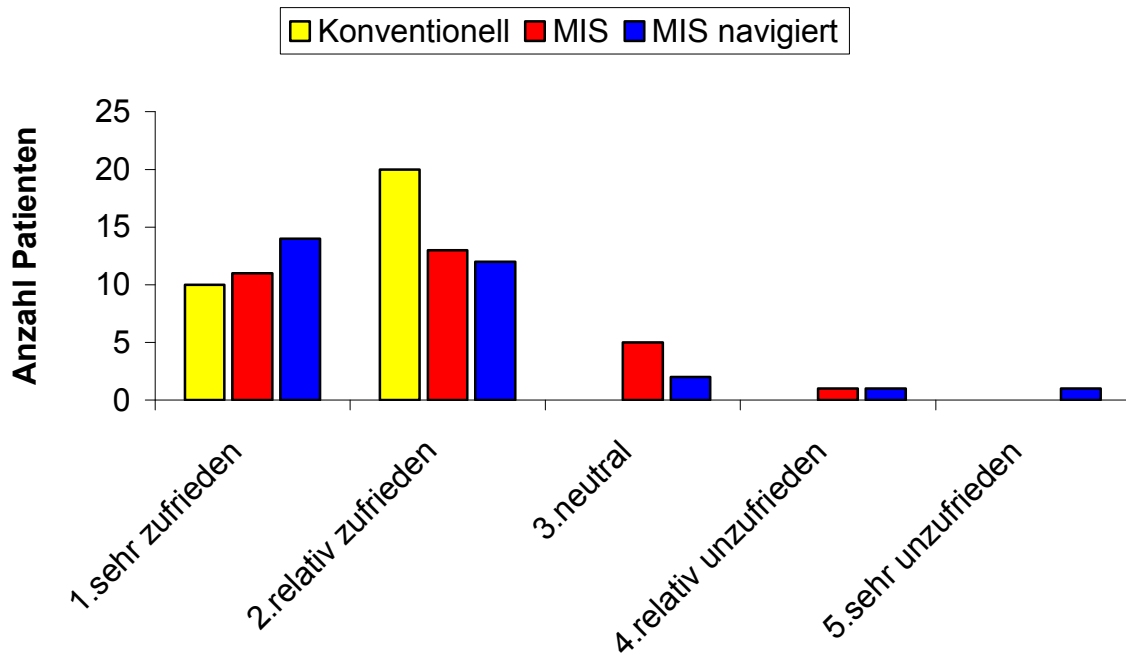


3.5.3. Zufriedenheit mit der Operation

Mehr als 85% der Patienten in allen drei Patientengruppen war mit der Operation „sehr“ oder „relativ zufrieden“. Die Durchschnittswerte lagen hier bei 1,7 (SD 0,48) in der konventionellen, 1,9 (SD 0,82) in der minimal invasiven und 1,8 (SD 0,97) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,510$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,773$ sowie $p=0,459$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,644$.

Zwischen allen drei Patientengruppen bestand demnach kein signifikanter Unterschied bezüglich der Zufriedenheit mit der Operation.

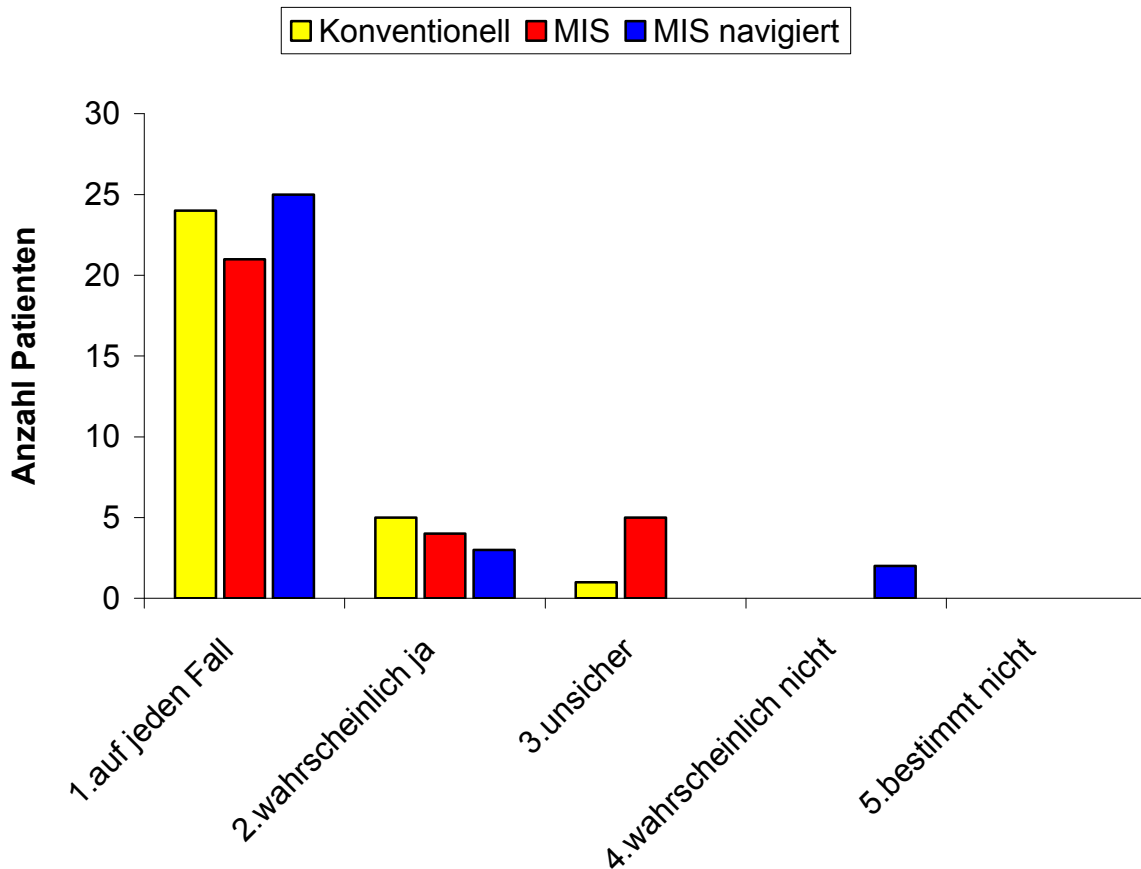
Zufriedenheit mit der Operation



3.5.4. Erneute Entscheidung für die Operation

In diesem Teil der Befragung gaben 80% der konventionell operierten, 70% der minimal invasiv operierten sowie 83% der minimal invasiv navigiert operierten Patienten an, dass sie sich „auf jeden Fall“ noch mal für die Operation entscheiden würden, falls die Möglichkeit bestünde, die Zeit zurückzudrehen. Es ergaben sich Durchschnittswerte von 1,2 (SD 0,50) in der konventionellen Gruppe, 1,5 (SD 0,78) in der minimal invasiven Gruppe sowie 1,3 (SD 0,79) in der minimal invasiv navigiert versorgten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,415$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,882$ sowie $p=0,389$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,400$.

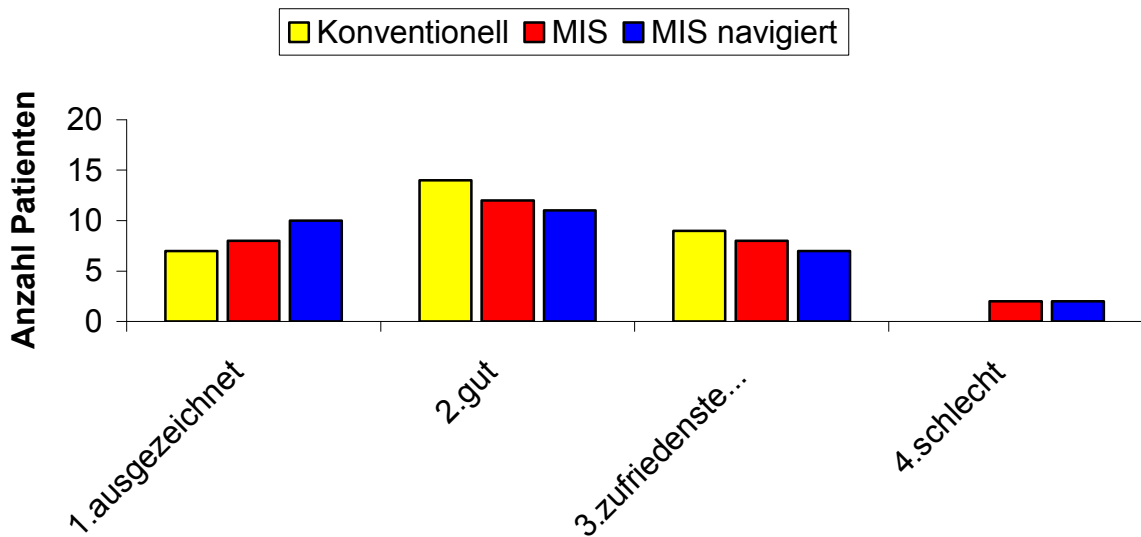
Erneute Entscheidung für Operation



3.5.5. Persönliche Einschätzung des Ergebnisses der Operation

Als letztes wurden die Patienten in diesem Fragebogen nach ihrer persönlichen Einschätzung des Gesamtergebnisses der Operation gefragt. Die vier Antwortmöglichkeiten wurden erneut nach dem Schulnotenprinzip, diesmal jedoch nur von eins bis vier bewertet. Von insgesamt 90 Patienten bewerteten lediglich vier (4%) das Ergebnis als schlecht. Die restlichen 86 Patienten bewerteten das Ergebnis mit „zufriedenstellend“ (27%), „gut“ (41%) oder „ausgezeichnet“ (28%). Die Durchschnittswerte lagen bei 2,1 (SD 0,74) in der konventionellen, 2,1 (SD 0,90) in der minimal invasiven und 2,0 (SD 0,92) in der minimal invasiv navigierten Gruppe. Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,888$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,745$ sowie $p=0,662$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,884$.

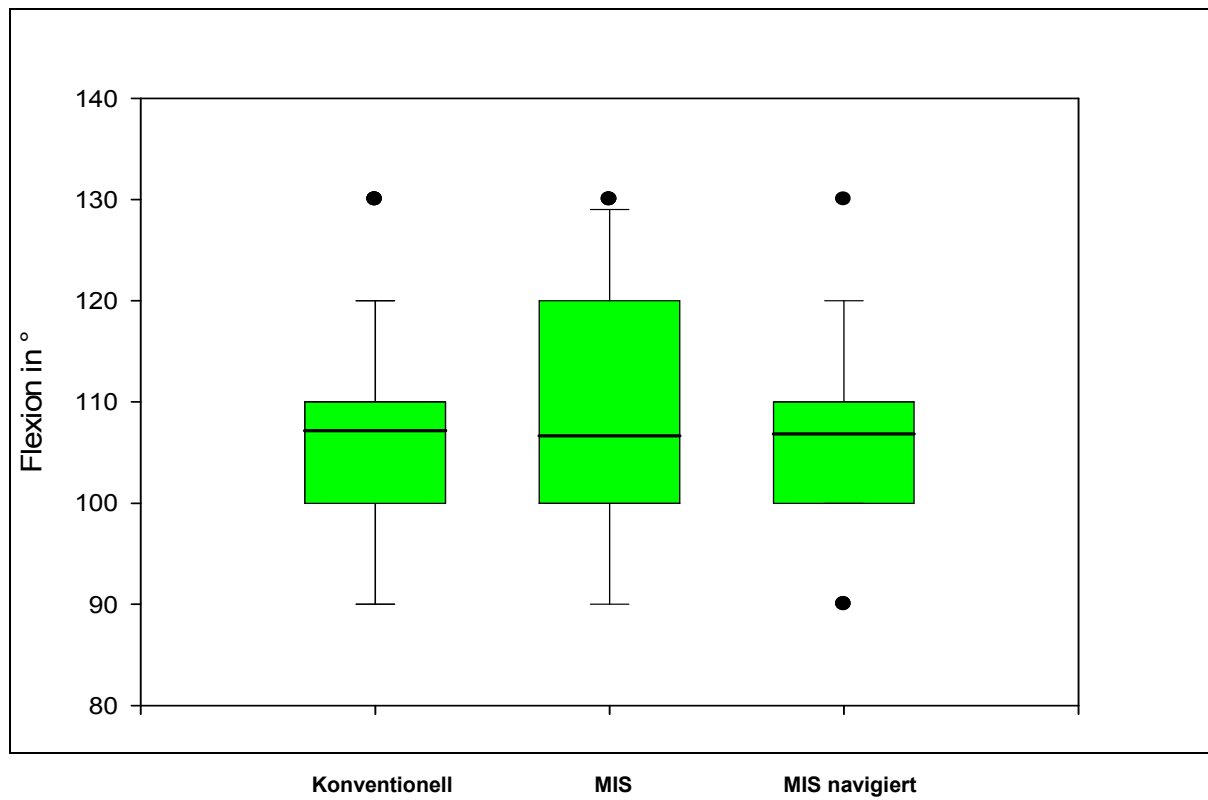
Persönliche Einschätzung des OP Ergebnisses



3.6. Postoperative Beweglichkeit

Des Weiteren wurden bei der letzten postoperativen Untersuchung zwölf Wochen nach der Operation die Beweglichkeit des operierten Knies unter zu Hilfenahme eines Winkelmessers bestimmt. Diese betrug in der konventionellen Gruppe durchschnittlich 107,2° (SD 10,14), in der MIS Gruppe 106,7° (SD 12,13) sowie in der minimal invasiv navigierten Gruppe 106,8° (SD 9,14). Für die konventionelle und die MIS Gruppe ergab sich $p=0,594$, für die konventionelle und die navigiert minimal invasive Gruppe $p=0,7962$ sowie $p=0,690$ für die minimal invasive und die navigiert minimal invasive Gruppe. Der Vergleich aller drei Gruppen ergab $p=0,983$.

Folglich konnte auch im Bezug auf die postoperative Beweglichkeit kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Patientengruppen festgestellt werden.



Maximale Flexion 12 Wochen postoperativ (ausreißer- und extremwertbereinigt)

4. Diskussion

Aufgrund der steigenden Lebenserwartung und des kontinuierlich wachsenden BMI in der Durchschnittsbevölkerung hat die endoprothetische Versorgung des Kniegelenks in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. So zeigt sich allein in Deutschland ein Anstieg der Gesamtzahl von Knieprothesenerstimplantationen von 70 850 im Jahr 2003 auf 125 322 im Jahr 2006 (BQS Qualitätsreport 2006) (12). Weltweit werden nach Angaben der Medizinprodukthersteller mehr als 500 000 pro Jahr implantiert.

Die Implantation einer Knieendoprothese hat sich zwar mittlerweile zu einem Routineeingriff entwickelt, jedoch hängt das Ergebnis nach wie vor stark von der Erfahrung des Operateurs ab. Zahlreiche Publikationen der letzten Jahre beschäftigten sich mit dem Vergleich von minimal invasiver und konventioneller Technik bei der Implantation einer Knieprothese und den jeweiligen Vor- und Nachteilen dieser Verfahren. Als Nachteil wurde besonders die Gefahr der Implantatfehlage bei minimal invasiver Technik diskutiert, dem steht als vermeintlicher Vorteil eine schnellere postoperative Rehabilitation gegenüber.

Ein Hauptziel der vorliegenden Studie war deswegen die Untersuchung eventueller Unterschiede in der frühen Rehabilitation zwischen der konventionellen und minimal invasiven Technik, basierend auf der Entwicklung der postoperativen Beweglichkeit, der Bandstabilität, der Einnahme von Schmerzmedikamenten sowie der subjektiven Patientenzufriedenheit in den ersten drei Monaten nach der Operation herauszufinden. Durch das von uns gewählte Studiendesign in Form einer randomisierten Studie konnte, aufgrund der hohen Übereinstimmung der demografischen Daten wie Gewicht, Größe, BMI, Geschlecht, präoperativen Deformität und Alter, eine hohe statistische Qualität erreicht werden. Zur Datenerhebung wurden die bereits erwähnten gängigen Score WOMAC und KSS verwendet.

Der Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) ist inzwischen zu einem gängigen Instrument zur Beurteilung der Schmerzhaftigkeit, der Steifigkeit und der Funktion eines Kniegelenkes geworden.

Lingard et al. (48) postulieren bei der Untersuchung eines Kollektivs von 862 Patienten ein Jahr postoperativ, dass der WOMAC Score bei Knieendoprothetisch

versorgten Patienten eine höhere Aussagekraft in Bezug auf das Ergebnis als der Knee Society Score hat.

Betrachtet man die Entwicklung des WOMAC Gesamtscores von den präoperativ erhobenen Werten zu den Werten, die bei der dritten postoperativen Untersuchung nach zwölf Wochen erhoben wurden, zeigt sich eine kontinuierliche Besserung des Befindens der Patienten nach der Operation. Die Werte von 6,9 (konventionell), 9,5 (MIS) und 7,2 (MIS navigiert) zeigen, dass die Patienten relativ gut mit ihrem operativ versorgten Knie zurechtkommen und fast alle eine Besserung im Vergleich zum präoperativen Zustand empfinden. Sowohl in den Unterscores als auch im WOMAC Gesamtscore konnte zu keinem Untersuchungszeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Patientengruppen festgestellt werden. Demnach sind die vom WOMAC Score erfassten Kriterien, laut unserer Studie, unabhängig von der Technik der operativen Versorgung. Somit konnte bezüglich des WOMAC Scores keine verbesserte Frührehabilitation auf Seiten der MIS Patienten festgestellt werden.

Seon et al. (65) untersuchten in ihrer prospektiven Studie an 45 Patienten konventionelle und minimal invasiv navigierte Operationstechnik in der Knieendoprothetik. Bei ihren Patienten wurde ein Knie konventionell sowie das kontralaterale minimal invasiv navigationsgestützt operiert. Bei ihren Untersuchungen nach 3 und nach 6 Monaten konnten sie signifikante Unterschiede bezüglich des WOMAC Gesamtscores nachweisen. Die niedrigeren Werte für den WOMAC Gesamtscore wurden auf Seiten der minimal invasiv navigiert operierten Patientengruppe erreicht. Dies lässt sich auf die geringeren Werte für Schmerz und Funktion 3 Monate postoperativ sowie auf die geringeren Werte für Schmerz 6 Monate postoperativ zurückführen. Dies bedeutet, dass die minimal invasiv operierte Gruppe bei den ersten zwei Erhebungen 3 und 6 Monate postoperativ eine geringere Schmerzsymptomatik hatte als die konventionell versorgte Gruppe. Zudem konnte eine bessere Funktion des operierten Gelenks auf Seiten der minimal invasiv versorgten Gruppe nach 3 Monaten festgestellt werden. Auch nach 9 Monaten wurden signifikant geringere Werte für Schmerz auf Seiten der MIS Patienten festgestellt. Der Einfluss auf den WOMAC Gesamtscore hielt sich jedoch relativ gering, so dass kein signifikanter Unterschied bezüglich des Gesamtscores zwischen den Gruppen mehr nachgewiesen werden konnte. Bei der Untersuchung ein Jahr

postoperativ konnten keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf WOMAC Gesamt- und Unterscores mehr nachgewiesen werden.

Der zweite, von uns verwendete Score, der KSS, wurde 1993 von Insall in seine heutige Form abgeändert und eignet sich besonders gut, um den effektiven Nutzen der Operation für den Patienten zu beurteilen. Er lässt aufgrund der erfassten Daten ebenfalls zuverlässige Rückschlüsse auf die Frührehabilitation zu.

In unserer Untersuchung zeigte sich bei allen durchgeführten Untersuchungen, sowohl prä- als auch postoperativ, kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Patientengruppen. Dies betraf sowohl den Gesamtscore als auch die beiden Einzelscores. Jedoch zeigten sich die jeweiligen Höchstwerte bezüglich des Gesamtscores bei allen drei postoperativen Untersuchungen in der navigiert operierten Gruppe.

Hart et al. (27) konnten in ihrer Studie über 80 Patienten, deren demographische Daten denen unserer Studienpatienten glichen, einen signifikanten Unterschied mit besseren Werten auf Seiten der MIS Gruppe 10 Tage postoperativ feststellen, was auf eine verbesserte frühe Rehabilitation auf Seiten der MIS Gruppe schließen lässt. Bei den Folgeuntersuchungen nach 3, 6 und 12 Wochen konnte hingegen kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den beiden untersuchten Patientengruppen nachgewiesen werden. Hier muss jedoch angemerkt werden, dass beide Patientengruppen navigationsgestützt operiert wurden, was eine deutlich verlängerte Operationszeit und somit eine länger dauernde Manipulation am OP-Situs bedeutet. Des Weiteren wurde für die minimal invasiv operierten Patienten der Subvastus-Zugang gewählt, während die Vergleichsgruppe über einen medial-parapatellaren Zugang operiert wurde. Hierdurch kann bereits aufgrund des unterschiedlichen Zugangs ein möglicher systemischer Fehler vorliegen. Außerdem wurden in dieser Arbeit Patienten mit Valgusdeformität für die minimal invasiv versorgte Patientengruppe von vornherein ausgeschlossen.

Bei der prospektiven Studie von Kolisek et al. (40) an 80 Patienten (40 Standard vs. 40 MIS) konnten bei der zweimaligen postoperativen Erhebung nach 6 und 12 Wochen keine signifikanten Unterschiede bezüglich Knee Score und Function Score feststellen. Sowohl der prä- als auch postoperativ erhobene KSS gleicht weitgehend unseren Ergebnissen, ebenso die durchschnittliche Inzisionslänge in den beiden Patientengruppen. Allerdings wurde in dieser Arbeit zum einen ein deutlich größerer

Anteil von männlichen Patienten erfasst als in unserer Studie (m:w 2:1), zum anderen war die durchschnittliche Operationsdauer mit 59 min. (konventionell) bzw. 69 min. (MIS) in den beiden Patientengruppen um 15 min. bzw. 29 min. länger als in unserer Arbeit.

In der retrospektiven Studie von Dalury et al. (17) wurden, wie in der vorliegenden Studie auch, je 30 Patienten pro Gruppe untersucht. Hierbei wurde der KSS präoperativ sowie postoperativ nach 12 Wochen bestimmt. Zusätzlich wurde sowohl präoperativ als auch 3 Tage, 6 sowie 12 Wochen postoperativ der Bewegungsumfang gemessen. Auch in dieser Studie konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich des KSS zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden.

Haas et al. (25) verglichen in ihrer retrospektiven Studie 40 Patienten, die über minimal invasiven Zugang operiert wurden mit einer Vergleichsgruppe (n = 40) von Patienten, die zu einem früheren Zeitpunkt über einen konventionellen Zugang operiert wurde. Bereits voroperierte Patienten wurden nicht berücksichtigt. Hierbei wurden bezüglich des KSS signifikant höhere Werte auf Seiten der minimal invasiv versorgten Patienten und somit eine verbesserte Frührehabilitation festgestellt. Auch im Hinblick auf den Bewegungsumfang bestanden signifikante Unterschiede an allen drei postoperativen Untersuchungszeitpunkten (3 Wochen, 6 Wochen, 1 Jahr) mit höheren Werten auf Seiten der MIS Patienten. Kritisch muss hier jedoch angemerkt werden, dass die Operationen in den beiden Gruppen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden und so ein direkter Vergleich der beiden Gruppen nicht so genau wie in einer prospektiven Studie durchgeführt werden kann.

Laskin et al. (45) stellten in ihrer prospektiv durchgeführten Studie an insgesamt 52 Patienten einen signifikanten Unterschied bezüglich des Knee Scores bei der ersten postoperativen Erhebung nach 6 Wochen fest. Hier lagen die höheren Werte jedoch auf Seiten der 26 konventionell versorgten Patienten. Im Hinblick auf den Bewegungsumfang wurden signifikant höhere Werte auf Seiten der minimal invasiv operierten Patienten festgestellt. Der Function Score zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Bei der zweiten postoperativen Untersuchung nach drei Monaten konnten weder im Hinblick auf den Knee Score noch auf den Bewegungsumfang signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit war, eventuelle Nachteile der minimal invasiven Technik bezüglich Beinachsenrekonstruktion und Positionierung der

Prothesenkomponenten im Vergleich zur konventionell versorgten Gruppe nachzuweisen. Dalury et al. (17) berichten bei mehr als 10% der minimal invasiv operierten Patienten von einer Fehlstellung der tibialen Komponente $> 3^\circ$. Aus diesem Grund wurde von uns eine Vermessung der sieben Tage postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen durchgeführt. Da zum momentanen Zeitpunkt noch kein Konsens bezüglich des diagnostischen Verfahrens (Röntgen vs. CT) besteht und eventuelle Messfehler wie Beugekontrakturen oder falscher Rotation des Beins in beiden Gruppen gleichermaßen vorkommen, musste lediglich darauf geachtet werden, dass bei allen Patienten dasselbe diagnostische Verfahren zu Einsatz kommt (54). Als Kontrollgruppe wurde hierbei die mit Navigationssystem operierte Patientengruppe verwendet. Im Bezug auf die Anwendung eines Navigationssystems konnte nachgewiesen werden, dass die computerunterstützte Implantationstechnik zu einem besseren Outcome bezüglich der Komponentenausrichtung und der postoperativen Beinachse führt (3, 51, 54, 68). Aufgrund dessen hat sich diese Operationstechnik in den letzten Jahren mehr und mehr durchgesetzt. In einer Erhebung von Bächli et al. zeigte sich, dass im Jahre 2002 immerhin bereits 13% aller Knieprothesen navigationsgestützt implantiert wurden (4). Zudem fanden die Autoren derselben Studie durch eine Umfrage unter deutschen Orthopäden und Unfallchirurgen heraus, dass zu diesem Zeitpunkt bereits mehr als 30% der endoprothetisch tätigen Kliniken in Deutschland Navigationssysteme zur computerassistierten Knieendoprothetik nutzten.

In unserer Studie konnte kein signifikanter Unterschied zwischen konventioneller und minimal invasiver Patientengruppe weder in Bezug auf die postoperative Beinachse noch auf die Komponentenausrichtung nachgewiesen werden. Wir konnten somit keinen Einfluss des operativen Zugangsweges auf Achsausrichtung oder Komponentenfehlage, wie bei Dalury et al. (17) beschrieben, erkennen. Des Weiteren konnte ein signifikant besseres Ergebnis bezüglich der Komponenten- und Achsausrichtung in der navigiert operierten Gruppe im Vergleich zu konventionell und minimal invasiv versorgter Gruppe nachgewiesen werden.

Hart et al. (27) konnten in ihrer bereits angeführten Studie ebenfalls keine Unterschiede bezüglich der Positionierung der Prothesenkomponenten sowie der Beinachse feststellen. Hier muss jedoch angemerkt werden dass sowohl die minimal invasive als auch die Standard-Gruppe unter Zuhilfenahme eines Navigationsgerätes operiert wurden. Da dies, wie bereits erwähnt, einen Vorteil bezüglich der

Implantationsgenauigkeit bedeutet, ist ein Vergleich mit unserer Studie nur bedingt möglich.

Seon et al. (65) verglichen in Ihrer, ebenfalls bereits angeführten Studie an 45 Patienten, die konventionelle auf der einen mit der minimal invasiv navigationsgestützten Operationstechnik auf der anderen Seite. Hierbei konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich der Anzahl der Fehlstellungen in der mechanischen Beinachse festgestellt werden. Dies geschah zu Lasten der Standardgruppe die mit 8 Patienten viermal soviel Fehlstellungen $> \pm 3^\circ$ hatte wie die mit Navigationssystem operierten Patienten (2 Patienten). Auch wir konnten in unserer Studie eine ähnliche Tendenz feststellen. Sowohl in der konventionell als auch in minimal invasiv operierten Gruppe fanden sich je 2 Patienten mit einer postoperativen Beinachsenabweichung von $> \pm 3^\circ$, während in der navigationsgestützt operierten Gruppe alle 30 Patienten im Bereich von $\pm 3^\circ$ Beinachsenabweichung lagen. Bezüglich der Ausrichtung der einzelnen Prothesenkomponenten konnten Seon und seine Mitautoren keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen feststellen. Wie bereits erwähnt wurde hier jedoch die minimal invasive Gruppe mit Navigationssystem operiert. Eine dritte Patientengruppe, die minimal invasiv ohne Navigation operiert wurde, wie in der vorliegenden Studie geschehen, wurde nicht berücksichtigt.

Eine Studie von Bächli et al. (3), die 80 konventionell mit 80 navigiert operierten Patienten verglich, zeigte, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Patientengruppen im Hinblick auf die mechanische Beinachse bestand. Demnach konnte bei lediglich 3 Patienten aus der navigierten Gruppe eine postoperative Achsabweichung $> \pm 3^\circ$ varus/valgus festgestellt werden. In der konventionell versorgten Gruppe war dies bei 18 Patienten der Fall.

Auch Chauhan et al. kamen in ihrer Untersuchung an 70 Patienten zu einem ähnlichen Ergebnis, mit einer besseren Komponentenausrichtung auf Seiten der navigiert operierten Patienten (13). In diesem Fall wurde die postoperative Implantatlage jedoch mittels CT-Untersuchung und nicht, wie in der vorliegenden Arbeit, anhand einer Ganzbeinaufnahme bestimmt.

Tingart et al. (68) wiesen in ihrer prospektiven Studie an 1000 Patienten, in der die navigierte und die konventionelle Operationstechnik verglichen wurden, ebenfalls einen signifikanten Unterschied zu Gunsten der navigiert operierten Patienten nach. Demnach hatten 95% der navigiert versorgten Patienten eine postoperative

Abweichung der Beinachse $< \pm 3^\circ$ varus/valgus im Vergleich zu lediglich 74% auf Seiten der konventionell operierten Patienten.

Eine von Bäthis et al. veröffentlichte Metaanalyse aus dem Jahre 2006 kommt zu demselben Ergebnis. Bei insgesamt 11 von 13 Studien konnten statistische Signifikanzen zugunsten der navigationsgestützt operierten Patientengruppen bezüglich der postoperativen Beinachse nachgewiesen werden. 94% der navigiert operierten Patienten hatten demnach eine postoperative Beinachse $< \pm 3^\circ$ varus/valgus im Vergleich zu 76% der ohne Navigationsgerät operierten Patienten. Die besseren Ergebnisse unserer Studie lassen sich auf die geringere Patientenzahl im Vergleich zu Metaanalyse und anderen Studien zurückführen.

Auch bezüglich der Ausrichtung der einzelnen Prothesenkomponenten lassen sich signifikante Unterschiede zugunsten der navigiert versorgten Patienten in unserer Studie feststellen. So bestanden sowohl in Bezug auf die femorale als auch auf die tibiale Prothesenkomponente signifikante Unterschiede zwischen den mit Freihandtechnik und den mit Navigationssystem operierten Patienten, sowohl in der Frontal- als auch in der Sagittalebene, während im Vergleich der beiden mit Freihandtechnik versorgten Gruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnte. So konnten, mit Ausnahme des Vergleichs zwischen konventioneller und navigierter Gruppe bezogen auf die Ausrichtung der Femurkomponente in der Frontalebene, für alle Messwerte signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den mit Navigationssystem operierten Patienten auf der einen und den mit Freihandtechnik operierten Patienten auf der anderen Seite festgestellt werden.

Chin et al. (2005) stellten in ihrer Arbeit statistisch signifikante Unterschiede bezüglich beider Komponenten sowohl in der Frontal- als auch in der Sagittalebene zu Gunsten der navigiert operierten Patientengruppe fest. Auch Jenny et al. (2005) und Chauhan et al. (2004) kommen in ihren Studien zum selben Ergebnis.

Laut der Metaanalyse von Bäthis et al. (2006) konnte bei 10 von 12 Studien ein signifikanter Unterschied bei mindestens einer Komponente in Frontal- oder Sagittalebene nachgewiesen werden. Lediglich Mielke et al. (2001) und Decking et al. (2005) konnten in ihren Arbeiten keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Komponentenausrichtung feststellen. In den weiteren Studien wurden die entsprechenden Werte nicht oder nur unzureichend erhoben.

Auch die persönliche Zufriedenheit der Patienten mit der Operation wurde von uns mit einem Fragebogen erfasst und mit Veröffentlichungen der letzten Jahre verglichen. Die Ergebnisse des schwedischen Knieendoprothesenregisters zeigen, dass der therapeutische Effekt, der durch eine gelenkersetzende Operation am Kniegelenk erzielt werden kann, so groß ist, dass der Unterschied bezüglich der postoperativen Patientenzufriedenheit zwischen den einzelnen Prothesendesigns oder der Implantationsart eher gering ausfällt. Dies bedeutet, dass die Patienten vor der Operation ein so großes Defizit an Funktionalität und Schmerzfreiheit hatten, dass der positive Nutzen nach der Operation fast immer überwiegt. Eine ausführliche Untersuchung anhand von Fragebögen bezüglich der Patientenzufriedenheit nach Knieprothesenimplantation ergab (n = 27.000), dass 80% der Patienten zufrieden oder sehr zufrieden sind. 11% der Befragten waren unentschlossen und 8% unzufrieden. Diese Werte standen in engem Zusammenhang mit der Schmerzverbesserung und dem Funktionalitätsgewinn (Robertsson et al. 2001).

Unsere Studie bestätigt diese Werte. 85% der Patienten in allen drei Patientengruppen waren mit der Operation „sehr“ - oder „relativ zufrieden“. 79% der Patienten bewerteten das Ergebnis der Operation als „ausgezeichnet“ oder „gut“. Lediglich 4% der Patienten bewertete das Ergebnis als „schlecht“.

Zudem kann behauptet werden dass das angewandte Operationsverfahren keinen Einfluss auf die subjektive Zufriedenheit der Patienten mit der Operation hat, da bei sämtlichen erhobenen Werten bezüglich der Patientenzufriedenheit kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Patientengruppen festgestellt werden konnte.

78% der Patienten gaben an, sich „auf jeden Fall“ noch mal für die Operation zu entscheiden. Auch dies lässt auf eine positive Bewertung der Patienten schließen. Die durch die Operation deutlich reduzierte Schmerzsymptomatik wurde anhand der Schmerzmedikation 12 Wochen postoperativ deutlich. Lediglich 13% der Patienten waren noch auf eine tägliche Einnahme von Analgetika angewiesen. Mehr als 50% der Patienten benötigte gar keine Schmerzmedikamente mehr. Auch dies deutet auf eine deutliche Verbesserung der Schmerzsymptomatik durch die Operation hin.

5. Zusammenfassung

Aufgrund der zunehmenden Bewegungsarmut, des steigenden Bevölkerungsanteils mit Übergewicht sowie der erhöhten Lebenserwartung, nimmt die Inzidenz des Krankheitsbildes der Gonarthrose immer mehr zu. Daraus resultierend, hat sich die Anzahl der Implantationen von Knie totalendoprothesen in den letzten beiden Jahrzehnten vervielfacht. Deswegen standen, neben konservativen Therapieansätzen, nicht nur die Entwicklung neuer Prothesenmaterialien sondern auch neue Operationstechniken sowie computerassistierte Op-Verfahren im Fokus der Forschung. Trotz zahlreicher Veröffentlichungen der letzten Jahre werden heute immer noch mehrere Operationstechniken mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, mit der Standard-, der minimal-invasiven und der navigationsgestützt minimal invasiven Technik, drei gängige Operationsverfahren zu untersuchen. Hierbei galt es eventuelle Vorteile oder Nachteile eines Verfahrens gegenüber den anderen nachzuweisen. Neben allgemeinen Risiken wurde hierbei speziell auf die in der gängigen Fachliteratur beschriebenen Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren eingegangen. Ziel hierbei war einerseits, eventuelle Vorteile des minimal invasiven Operationsverfahrens in Bezug auf die postoperative Frührehabilitation nachzuweisen. Andererseits wurde durch die Vermessung einer postoperativ angefertigten Röntgenaufnahme die Implantatlage kontrolliert. So konnte auf die in der Literatur beschriebenen Vorteile der navigationsgestützten Technik in Bezug auf die Implantatlage eingegangen und die Ergebnisse mit denen der gängigen Literatur verglichen werden.

In den Jahren 2006 und 2007 wurden insgesamt 90 Patienten, die mit einer Knie totalendoprothese versorgt wurden, untersucht. 30 Patienten wurden konventionell, 30 minimal invasiv sowie 30 navigiert minimal invasiv operiert. Für alle drei Patientengruppen wurden Ausschlusskriterien wie Alter > 80 Jahre und BMI > 35 festgesetzt. Außerdem dürfte kein Patient am operierten Knie voroperiert sein. Die Patienten wurden dreimal postoperativ klinisch untersucht und wurden zusätzlich nach ihrer Zufriedenheit mit der Operation befragt. Zur Datenerhebung wurden die mittlerweile etablierten Scores WOMAC und KSS verwendet. Die Vermessung der Röntgenbilder erfolgte gemäß der Arbeit von Bächli et al. (3). Die erhobenen Daten wurden schließlich mit SigmaPlot ausgewertet und mit One-way ANOVA statistisch analysiert.

Bezüglich der demographischen Angaben konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Patientengruppen festgestellt werden. Bei den operationsbezogenen Daten zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf den Blutverlust. Die Operationsdauer war in der mit Navigationssystem operierten Gruppe mit durchschnittlich 58 min. signifikant länger als in den anderen beiden Patientengruppen. In Bezug auf die erhobenen Scores konnten bei keinem der drei postoperativen Untersuchungszeitpunkte signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Patientengruppen nachgewiesen werden. Auch im Hinblick auf die persönliche Zufriedenheit der Patienten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Auswertung der Röntgenbildvermessung ergab, dass die Art des Zugangswegs, konventionell oder minimal invasiv, keinen Einfluss auf die postoperative Implantatlage hat. Vorteile zeigten sich lediglich in der Gruppe der navigationsgestützt operierten Patienten, die, im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen, sowohl im Hinblick auf die Implantatlage als auch bezüglich der postoperativ gemessenen Beinachse; signifikant bessere Werte erzielte.

Die Problematik der postoperativen Implantatfehlage bei minimal invasiv operierten Patienten, die in den letzten Jahren in der Literatur diskutiert wurde, konnte in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen werden. Des Weiteren deckt sich das Ergebnis unserer Studie, im Hinblick auf die postoperative Implantatlage mit signifikant besseren Ergebnissen auf Seiten der mit Navigationssystem operierten Gruppe, weitestgehend mit denen der gängigen Literatur. Man muss jedoch anmerken dass die vorliegende Studie bisher die einzige ist, die sich mit dem Vergleich von konventioneller und minimal invasiver Operationstechnik auf der einen sowie mit dem Vergleich von konventioneller, minimal invasiver und navigiert minimal invasiver Technik auf der anderen Seite beschäftigt. Die Vergleichsmöglichkeiten zu anderen Studien sind deswegen begrenzt. Die Ergebnisse aktueller Studien sowie die Ergebnisse von Studien mit ähnlichem Design wie die vorliegende müssen deswegen abgewartet werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die konventionelle und minimal invasive Gruppe bezüglich des WOMAC und KSS zu keinem Zeitpunkt der Nachuntersuchungen unterschieden haben. Der Einsatz eines Navigationsgerätes führt nachweislich zu einer genaueren Implantation der Prothesenkomponenten und ist aus diesem Grund für die Standzeit einer Prothese von großem Interesse.

Diesbezüglich müssen Langzeitergebnisse abgewartet werden die bisher leider noch ausstehen.

Eine durch die Knieprothesenimplantation erreichte Verbesserung der Beschwerdesymptomatik und somit der Lebensqualität der Patienten ist jedoch nicht von der Hand zu weisen. So ist und bleibt die Implantation einer Knie totalendoprothese, unabhängig vom angewandten Operationsverfahren, bei Patienten mit fortgeschrittener Gonarthrose das Mittel der Wahl.

6. Anhang

6.1. WOMAC- Fragebogen

NACHUNTERSUCHUNG NACH KNIETPROTHESENIMPLANTATION

WOMAC-BEFRAGUNG

1.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim Gehen auf einer ebenen Fläche?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

2.) Wie viel Schmerzen bereitet es Ihnen, Treppen hinunter zu gehen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

3.) Wie viel Schmerzen spüren Sie nachts im Bett?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

4.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim Sitzen oder Liegen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

5.) Wie viel Schmerzen spüren Sie beim aufrechten Stehen?

	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den **Steifheitsgrad** (nicht Schmerzen), die Sie in Ihrem operierten Knie während der vergangenen vier Wochen empfunden haben.

(Steifheit wird als Bewegungseinschränkung und Bewegungsverlangsamung des Gelenks definiert)

Wie schwerwiegend ist Ihre Steifheit nach:

6.) dem ersten Aufwachen am Morgen?

Keine	Gering	Mäßig	Stark	Sehr stark

7.) dem Sitzen, Liegen oder Ruhen später am Tag?

Keine	Gering	Mäßig	Stark	Sehr stark

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre **körperliche Funktionsfähigkeit** (Ihre Fähigkeit, umher zu gehen und sich selbst zu versorgen).

Geben Sie bitte für jede Aktivität die Schwierigkeiten an, die Sie **wegen Ihres operierten Knies** während der vergangenen vier Wochen empfunden haben.

Welche Schwierigkeiten haben Sie:	Keine	Geringe	Mäßige	Starke	Sehr starke
beim Treppen hinunter gehen					
beim Treppensteigen					
beim Aufstehen vom Sitzen					
beim Stehen					
beim Bücken zum Fußboden					
beim Gehen auf einer ebenen Fläche					
beim Ein- und Aussteigen aus dem Auto					
beim Einkaufen					
beim Socken Anziehen					
beim Aufstehen aus dem Bett					
beim Socken Ausziehen					
beim Liegen im Bett					
beim Ein- und Aussteigen in die und aus der Badewanne					
beim Sitzen					
beim Aufstehen von der					

Toilette					
bei schwerer Hausarbeit					
bei leichter Hausarbeit					

**Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre persönliche
Zufriedenheit nach der Knieprothesenimplantation**

1.) Was waren die Ergebnisse der Behandlung für Sie?
(Kreuzen Sie bitte die entsprechenden Kästchen an)

	Überhaupt keine Verbesserung	Leichte Verbesserung	Mittelmäßige Verbesserung	Starke Verbesserung	Sehr starke Verbesserung	Nicht zutreffend
Symptomerleichterung (Schmerzen, Schwellung, Steifheit, Gefühlosigkeit, Schwäche, mangelnde Stabilität)						
Mehr alltägliche Hausarbeit bzw. Gartenarbeit verrichten						
Besser schlafen						
Meinen normalen Beruf wieder aufnehmen						
Fitness betreiben und an Freizeitaktivitäten teilnehmen						
Zukünftige Behinderungen vermeiden						

**2.) Wie oft haben Sie während der vergangenen vier Wochen Medikamente für
jedes Gelenk einnehmen müssen?**

	Immer	Oft	Manchmal	Gelegentlich	Nie
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

**3.) Wie würden Sie Ihr operiertes Gelenk jetzt im Vergleich zu vor einem Jahr
bewerten?**

	Viel besser	Etwas besser	Ungefähr gleich	Etwas schlechter	Viel schlechter
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

4.) Wie würden Sie Ihr operiertes Gelenk jetzt im Vergleich zu vor der Operation bewerten?

	Viel besser	Etwas besser	Ungefähr gleich	Etwas schlechter	Viel schlechter
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

5.) Wie sind Sie insgesamt mit der Gelenkoperation zufrieden?

	Sehr zufrieden	Relativ zufrieden	Neutral	Relativ unzufrieden	Sehr unzufrieden
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

6.) Wenn Sie die Zeit zurückstellen könnten und die gleiche Entscheidung noch ein Mal treffen, würden Sie sich für die Gelenkoperation entscheiden?

	Auf jeden Fall	Wahrscheinlich ja	Unsicher	Wahrscheinlich nicht	Bestimmt nicht
Rechtes Knie					
Linkes Knie					

7.) Wie würden Sie die Ergebnisse Ihrer Gelenkoperation bewerten?

☐ Ausgezeichnet
 ☐ Gut
 ☐ Zufriedenstellend
 ☐ Schlecht

6.2. Knee Society Fragebogen

NACHUNTERSUCHUNG NACH KniePROTHESENIMPLANTATION

BEFRAGUNG ZUM GESUNDHEITSZUSTAND (Knee Society Score)

Kreuzen Sie bitte bei jeder der folgenden Fragen die zutreffende Antwort an:

1.) Welche der folgenden Antworten beschreiben am besten Ihr Aktivitätsniveau während der vergangenen vier Wochen?

- ☐ Bettlägerig oder im Rollstuhl
- ☐ Minimale Beweglichkeit bzw. Aktivitäten in Haus oder Garten
- ☐ Büroarbeit, sitzende Arbeit oder leichte Hausarbeit
- ☐ Schwere Hausarbeit wie Staubsaugen oder Fußböden reinigen, Gartenarbeit, Fließbandarbeit oder leichte Fitnessübungen wie Spazieren gehen
- ☐ Bis zu 25 kg gehoben oder mäßig fordernde Sportarten wie mehr als 5 km Gehen oder Radfahren ausgeübt
- ☐ Oft mehr als 25 kg gehoben oder dynamische Sportarten wie Tenniseinzel oder Joggen ausgeübt

2.) Haben Sie während der vergangenen vier Wochen normalerweise Stützen zum Gehen benutzt?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Nein | <input type="checkbox"/> Zwei Krücken |
| <input type="checkbox"/> Einzelnen Stock bei langen Spaziergängen | <input type="checkbox"/> Gehgestell |
| <input type="checkbox"/> Ständig einzelnen Stock | <input type="checkbox"/> Andere Geräte bzw. Hilfe einer anderen Person |
| <input type="checkbox"/> Einzelne Krücke | <input type="checkbox"/> Nicht in der Lage, zu gehen |
| <input type="checkbox"/> Zwei Stöcke | |

3.) Wie lange können Sie an einem Stück ohne Stützen gehen?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Mehr als eine Stunde | <input type="checkbox"/> 31 - 60 Minuten |
| <input type="checkbox"/> 11 - 30 Minuten | <input type="checkbox"/> 2 - 10 Minuten |
| <input type="checkbox"/> Weniger als 2 Minuten oder nur im Haus | |
| <input type="checkbox"/> Nicht in der Lage, ohne Stützen zu gehen | |

4.) Wie lange können Sie an einem Stück mit Stützen gehen?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Benutze beim Gehen keine Stützen | <input type="checkbox"/> 2 - 10 Minuten |
| <input type="checkbox"/> Mehr als eine Stunde | <input type="checkbox"/> Weniger als 2 Minuten oder nur im Haus |
| <input type="checkbox"/> 31 - 60 Minuten | <input type="checkbox"/> Nicht in der Lage, zu gehen |
| <input type="checkbox"/> 11 - 30 Minuten | |

5.) Wie weit können Sie an einem Stück ohne Stützen gehen?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Mehr als 2 Kilometer | <input type="checkbox"/> 300 - 400 Meter |
| <input type="checkbox"/> 1 - 2 Kilometer | <input type="checkbox"/> 100 - 200 Meter |
| <input type="checkbox"/> 700 Meter - 1 Kilometer | <input type="checkbox"/> Nur im Haus |
| <input type="checkbox"/> 500 - 600 Meter | <input type="checkbox"/> Nicht in der Lage, ohne Stützen zu gehen |

6.) Wie weit können Sie an einem Stück mit Stützen gehen?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Benutze beim Gehen keine Stützen | <input type="checkbox"/> 300 - 400 Meter |
| <input type="checkbox"/> Mehr als 2 Kilometer | <input type="checkbox"/> 100 - 200 Meter |
| <input type="checkbox"/> 1 - 2 Kilometer | <input type="checkbox"/> Nur im Haus |
| <input type="checkbox"/> 700 Meter - 1 Kilometer | <input type="checkbox"/> Nicht in der Lage, ohne Stützen zu gehen |
| <input type="checkbox"/> 500 - 600 Meter | |

7.) Wie steigen Sie normalerweise Treppen hoch?

- ☐ Mit einem Fuß über dem anderen indem jeweils ein Fuß auf jede Stufe gesetzt wird.
- ☐ Beide Füße auf jeder Stufe
- ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

8.) Benutzen Sie normalerweise das Geländer oder eine Stütze, wenn Sie Treppen hoch steigen?

- ☐ Ja ☐ Nein ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

9.) Hilft Ihnen normalerweise jemand beim Treppen hoch steigen?

- ☐ Ja ☐ Nein ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

10.) Wie steigen Sie normalerweise Treppen hinunter?

- ☐ mit einem Fuß über dem anderen, indem jeweils ein Fuß auf jede Stufe gesetzt wird
- ☐ Beide Füße auf jeder Stufe
- ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

11.) Benutzen Sie normalerweise das Geländer oder eine Stütze, wenn Sie Treppen hinunter steigen?

- ☐ Ja ☐ Nein ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

12.) Hilft Ihnen normalerweise jemand beim Treppen hinunter steigen?

- ☐ Ja ☐ Nein ☐ Anders bzw. nicht in der Lage

13.) Im Jahr 2002 wurde das

- ☐ rechte ☐ linke Knie operiert

14.) Gab es vor der Knieprothesenimplantation bereits Operationen am Kniegelenk?

- ☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, welche und wann? _____

6.3 . Klinischer Untersuchungsbogen

NACHUNTERSUCHUNG NACH KniePROTHESEnIMPLANTATION

Klinischer Befundbogen (für Untersuchungstag)

1.) Erguss ☐ Kein ☐ leicht ☐ deutlich

2.) Kniefunktion: passiv:

aktiv:

re.: Ext/ Flex: ____/____/____ re.: Ext/ Flex: ____/____/____

li.: Ext/ Flex: ____/____/____ li.: Ext/ Flex: ____/____/____

3.) Muskelkraft: ☐ unüberwindbar

☐ überwindbar

☐ Bew. gegen Schwerkraft

☐ keine aktive Bewegung möglich

4.) Druckschmerz:

☐ medial

☐ lateral

☐ Patella

☐ keinen

5.) Bewegungsschmerz:

☐ medial

☐ lateral

☐ Patella

☐ bei Hyperflexion

☐ bei Hyperextension

☐ keinen

6.) Seitenbänder (klinisch): med.: ☐ 0 ☐ 1+ ☐ 2+ ☐ 3+

lat. : ☐ 0 ☐ 1+ ☐ 2+ ☐ 3+

7.) Patellalauf.:

☐ gleichmäßig

☐ subluxierend

☐ Krepitation retropatellar

8.) Zohlenzeichen: ☐ negativ

☐ positiv

7. Literaturverzeichnis

1. Archibeck MJ, White RE (2004) What's new in adult reconstructive knee surgery? J Bone Joint Surg 86A: 1839-49
2. Bächli H, Perlick L, Lüring C, Kalteis T, Grifka J (2003) CT-basierte und CT-freie Navigation in der Knieendoprothetik. Ergebnisse einer prospektiven Studie. Unfallchirurg 106: 935-40.
3. Bächli H, Perlick L, Tingart M, Lüring C, Zurakowski D, Grifka J (2004) Alignment in total knee arthroplasty – A comparison of computer-assisted surgery with the conventional technique. J Bone Joint Surg 86-B: 682-7
4. Bächli H, Tingart M, Perlick L, Lüring C, Anders S, Grifka J (2005) Stellenwert von Endoprothetik und Umstellungsosteotomie bei Gonarthrose. Z Orthop Ihre Grenzgeb 143(1): 19-24
5. Bächli H, Shafizadeh S, Paffrath T, Simanski c, Grifka J, Lüring C (2006) Sind navigierte Knieendoprothesen tatsächlich präziser implantiert? – Eine Metaanalyse vergleichender Studien. Orthopäde 35: 1056-65
6. Bauwens K, Matthes G, Wich M, Gebhard F, Hanson B, Ekkernkamp A, Stengel D (2007) Navigated Total Knee Replacement. A Meta-Analysis. J Bone Joint Surg Am 89: 261-69
7. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW (1988) Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. J Rheumatol 15 (12): 1833-40
8. Bellamy N, Campbell J, Stevens J, Pilch L, Stewart C, Mahmood Z (1997) Validation study of a computerized version of the Western Ontario and the McMaster Universities VA 3.0 Osteoarthritis Index. J Rheumatol 24 (12): 2413-15
9. Benninghoff A, Drenckhahn D (2004) Anatomie. Urban & Fischer Verlag
10. Bonutti PM, Mont MA, McMahon M, Ragland PS, Kester M (2004) Minimally invasive total knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Am 86: 26-32
11. Bonutti PM, Seyler TM, Kester M, McMahon M, Mondt MA (2006) Minimally Invasive Revision Total Knee Arthroplasty. Clin Orthop 446: 69-75
12. Boy O, Hahn S et al. (2006) Knie-Totalendoprothesen-Erstimplantation. BQS Qualitätsreport 2006: 102-9

13. Chauhan SK, Scott RG, Breidahl W, Beaver RJ (2004) Computer-assisted knee arthroplasty versus conventional jig based technique. A randomised prospective Trial. *J Bone Joint Surg Br* 86: 372-7
14. Chin PL, Yang KY, Yeo SJ, Lo NN (2005) Randomized Controlled Trial Comparing Radiographic Total Knee Arthroplasty Implant Placement Using Computer Navigation versus Conventional Technique. *J Arthroplasty* 20: 618-26
15. Chin PL, Foo LSS, Yang KY, Yeo SJ, Lo NN (2007) Randomized Controlled Trial Comparing the Radiologic Outcomes of Conventional and Minimally Invasive Techniques for Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 22/6: 800-6
16. Dalury DF, Jiranek WA (1999) A comparison of the midvastus and paramedian approaches for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 14: 33-37
17. Dalury DF, Douglas DA (2005) Mini-incision Total Knee Arthroplasty Can Increase Risk of Component Malalignment. *Clin Orthop Relat Res* 440: 77–81
18. Decking R, Markmann Y, Fuchs J et al. (2005) Leg Axis After Computer-Navigated Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Trial Comparing Computer-Navigated and Manual Implantation. *J Arthroplasty* 20: 283-8
19. Engh GA, Holt BT, Parks NL (1997) A midvastus muscle-splitting approach for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 12:322–331
20. Engh GA, Parks NL (1998) Surgical technique of the midvastus arthrotomy. *Clin Orthop* 351: 270-274
21. Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S (2007) Alignments and Clinical Results in Conventional and Navigated Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop* 457: 156-62
22. Faure BT, Benjamin JB, Lindsey JB, Volz RG, Schutte D (1993) Comparison of the subvastus and paramedian approaches in bilateral knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 8: 511-516
23. Fehring TK, Odum S, Griffin WL, Mason JB, Nadaud M (2001) Early Failures in Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 392: 315-318
24. Freund DA, Dittus RS, Fitzgerald J, Heck D (1990) Assessing and improving outcomes: total knee replacement. *Health Serv Res* 25: 723-6
25. Haas SB, Cook S, Beksac B (2004) Minimally Invasive Total Knee Replacement through a Mini Midvastus Approach - A Comparative Study. *Clin Orthop Relat Res* 428: 68-73

26. Haider H, Barrera OA, Garvin KL (2007) Minimally Invasive Total Knee Arthroplasty Surgery Through Navigated Freehand Bone Cutting. *J Arthroplasty* 22/4: 535-41
27. Hart R, Janecek M, Cizmar I, Stipcak V, Kucera B, Filan P (2006) Minimal-invasive und navigierte Implantation von Knieprothesen – Radiologische Analyse und frühe klinische Ergebnisse. *Orthopäde* 35: 252-7
28. Healy WL, Iorio R, Ko J et al. (2002) Impact of cost reduction programs on short-term patient outcome and hospital cost of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 84: 348-53
29. Hofmann AA, Plaster RL, Murdock LE (1991) Subvastus (southern) approach for primary total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 269:70–77
30. Hube R, Sotereanos NG, Reichel H (2002) Der sog. Midvastus-Zugang zur Implantation von Kniegelenksendoprothesen. *Orthop Traumatol* 10: 235-44
31. Insall JN (1971) A midline approach to the knee. *J Bone Joint Surg* 53A:1584–1586
32. Insall JN, Dorr LD, Scott R, Scott WN (1989) Rationale of the knee society clinical rating system. *Clin Orthop* 248: 13 -14
33. Jeffery, Morris RW, Denham RA (1991) Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg* 73: 709-14
34. Jenny JY, Clemens U, Kohler S et al. (2005) Consistency of Implantation of a Total Knee Arthroplasty with a Non-Image-Based Navigation System: A Case-Control Study of 235 Cases Compared With 235 conventionally Implanted Protheses. *J Arthroplasty* 20: 882-9
35. Jerosch J, Heisel J (1998) Knieendoprothetik. Springer Verlag
36. Jerosch J, Heisel J (1998) Endoprothesenschule. Deutscher Ärzteverlag Köln
37. Kim W, Rand J, Chao E (1993) Biomechanics of the knee. Raven Press New York: 9-58
38. King J, Stamper DL, Schaad DC, Leopold SS (2007) Minimally Invasive Total Knee Arthroplasty Compared with Traditional Total Knee Arthroplasty. Assessment of the Learning Curve and the Postoperative Recuperative Period. *J Bone Joint Surg Am* 89: 1497-1503
39. Kinzl L, Gebhard F, Keppler P (2004) Kniegelenksendoprothetik. Navigation als Standard. *Chirurg* 75: 976-81
40. Kolisek FR, Bonutti PM, Hozack WJ, Purtill J, Sharkey PF, Zelicof SB, Ragland PS, Kester M, Mont MA, Rothmann RH (2007) Clinical Experience Using a

- Minimally Invasive Surgical Approach for Total Knee Arthroplasty – Early Results of a Prospective Randomized Study Compared to a Standard Approach. *J Arthroplasty* 22/1: 8-12
41. Konnermann W, Haaker R (2003) *Navigation und Robotik*. Springer Verlag
 42. Krackow K (1983) Approches to planning a lower extremity alignment for tka and osteotomy about the knee. *Adv orthop. Surgery* 7: 9-18
 43. Kreibich DN, Vaz M, Bourne RB, Rorabeck P, Doherty M (1996) What is the best way of assesing outcome after total knee replacement? *Clin. Orthop* 331: 221-25
 44. Laskin RS, Rieger MA (1989) The surgical technique for performing a total knee replacement arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 20: 31-48
 45. Laskin RS, Beksac B, Phongjunakorn A, Pittors K, Davis J, Shim JC, Pavlov H, Petersen M (2004) Minimally invasive total knee replacement through a mini-midvastus incision: an outcome study. *Clin Orthop Relat Res* 428: 74-81
 46. Laskin RS (2007) Surgical Exposure for Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 22/4: 12-14
 47. Lewold S (1997) *The Swedish Knee Arthroplasty study with special reference to unipartmental protheses*. Sonderdruck des Departement of Orthopaedic Surgery, Lund University Hospital, Lund, Sweden.
 48. Lingard EA, Katz JN, Wright EA (2004) Predicting the outcome of TKA. *J Bone Joint Surg Am* 86-A(10): 2179-86
 49. Lüring C, Hüfner T, Kendoff D, Perlick L, Bäthis H, Grifka J, Krettek C (2005) Beeinflusst der Zugangsweg die intraoperativ gemessene Beinachse in der Knieendoprothetik? – Eine navigationsgestützte Studie am Kadaverknie. *Unfallchirurg* 108: 274-8
 50. Lüring C, Bäthis H, Perlick L, Tingart M, Grifka J (2005) Die navigationsgestützte Knieendoprothetik – Eine Standortbestimmung unter Evidenz basierten Kriterien. *Dtsch Ärzteblatt* 102: A 2320-2325
 51. Lüring C, Bäthis H, Tingart M, Perlick L, Grifka J (2006) Computer assistance in total knee replacement – a critical assessment of current health care technology. *Computer Aided Surgery* 11(2): 77-80
 52. Maric Z (1991) The standard vs. The subvastus approach for total knee arthroplasty. *Orthop Trans* 15: 43
 53. Mielke RK, Clemens U, Jens JH, Kershally S (2001) Navigation in der Knieendoprothetik – vorläufige klinische Erfahrungen und prospektiv

- vergleichende Studie gegenüber konventioneller Implantationstechnik. Z Orthop Ihre Grenzgeb 139: 109-16
54. Oczipka F, Bähris H, Lüring C, Perlick L, Grifka J (2005) Klinische und patientenorientierte 2-Jahres-Ergebnisse in der Knieendoprothetik - navigiert vs. konventionell - Ergebnisse einer Matched-Pair-Fallkontrollstudie. Z Orthop Unfall 143: 491-3
 55. Peters PC, Knezevich S, Engh GA, Preidis FE, Dwyer KA (1992) Comparison of subvastus quadriceps-sparing and standard quadriceps-splitting approaches in total and unicompartmental knee arthroplasty. Orthop Trans 16: 615
 56. Puhl W, Decking R (1998) Standortbestimmung Knieendoprothetik in Europa. Tagungsband zum 3. BIOLOX®-Symposium 4.4: 123-128
 57. Rand JA, Coventry MB (1988) Ten-year evaluation of geomatric total knee arthroplasty. Clin Orthop 232: 168-173
 58. Reed MR, Farhan MJ, Chaudhuri C (1999) Patellar stress fracture: a complication of knee joint arthroplasty without patellar resurfacing. J Arthroplasty 14: 383-385
 59. Rinecker H, Haiböck H (1977) Surgical treatment of peri-prosthetic fractures after total knee replacement. Arch Orthop Unfallchir 87(1): 23-9
 60. Ritter MA, Faaris PM, Keating EM, Meding JB (1994) Postoperative alignment of total knee replacement – Its effect on survival. Clin Orthop 299: 153-156
 61. Robertsson O, Dunbar M, Pehrsson T, Knutson K, Lidgren L (2000) Patient satisfaction after knee arthroplasty: a report on 27,372 knees operated on between 1981 and 1995 in Sweden. Acta Orthop Scand 71: 262-267
 62. Robertsson O, Knutson K, Lewold S, Lidgren L (2001) The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975–1997: an update with special emphasis on 41,223 knees operated on in 1988–1997. Acta Orthop Scand 72: 503-13
 63. Robertsson O, Dunbar MJ (2001) Patient satisfaction compared with general health and disease-specific questionnaires in knee arthroplasty patients. J Arthroplasty 16(4): 476-82
 64. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K (1997) Anatomie. Springer Verlag (7.Auflage): 332-39
 65. Seon JK, Song EK, Yoon TR, Park SJ, Bae BH, Cho SG (2007) Comparison of functional results with navigation-assisted minimally invasive and conventional techniques in bilateral total knee arthroplasty. Comp Aid Surg 12: 189-93

66. Sharkey PF, Hozack WJ, RothmanRH, Shastri S, Jacoby SM (2002) Why Are Total Knee Arthroplasties Failing Today? Clin Orthop Relat Res 404: 7–13
67. Tenholder M, Clarke HD, Scuderi GR (2005) Minimal-Incision Total Knee Arthroplasty The Early Clinical Experience. Clin Orthop Relat Res 440: 67–76
68. Tingart M, Lüring C, Bächli H, Beckmann J, Grifka J, Perlick L (2008) Computer-assisted total knee arthroplasty versus the conventional technique: how precise is navigation in clinical routine? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 16: 44–50
69. Torklus HD (1992) Atlas orthopädisch-chirurgischer Zugangswege. Urban & Schwarzenberg, München
70. Tria AJ, Coon TM (2003) Minimal Incision Total Knee Arthroplasty Early Experience. Clin Orthop Relat Res 416: 185-190
71. Walter F, Haynes MB, Markel DC (2007) A Randomized Prospective Study Evaluating the Effect of Patellar Eversion on the Early Functional Outcomes in Primary Total Knee Arthroplasty. J Arthroplasty 22/4: 509-14
72. Wessinghage D (2000) Technik des Kniegelenkersatzes im 19. Jahrhundert. Geschichte operativer Verfahren an den Bewegungsorganen. Deutsches Orthopädisches Geschichts- und Forschungszentrum 2.1: 75-93
73. White RE jr, Allman JK, Trauger JA, Dales BH (1999) Clinical comparison of the midvastus and medial parapatellar surgical approaches. Clin Orthop 367: 117-22

8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1. Modell einer Elfenbeinprothese.....**13**
aus: Wessinghage D (2000) Technik des Kniegelenkersatzes im 19. Jahrhundert Geschichte operativer Verfahren an den Bewegungsorganen. Deutsches Orthopädisches Geschichts- und Forschungszentrum 2.1: 75-93 © 2000
2. Bandapparat des Kniegelenks.....**15**
aus: Benninghoff A, Drenckhahn D (2004) Anatomie. Urban & Fischer Verlag © 2004
3. Darstellung der Beinachsen.....**17**
aus: Benninghoff A, Drenckhahn D (2004) Anatomie. Urban & Fischer Verlag © 2004
4. Modell einer bicondylären P.F.C. Knieprothese.....**19**
Mit freundlicher Unterstützung der Firma DePuy, Warsaw, Indiana, USA. © Firma DePuy® 2008
5. Anatomische Zugangswege am Kniegelenk.....**21**
Mit freundlicher Unterstützung von PD Dr. C. Lüring, Asklepios Klinik Bad Abbach. © 2008
6. Durch den Computer berechnete Resektionsebenen mit Angabe der Extensions-, bzw. Flexionslücken.....**24**
Mit freundlicher Unterstützung BrainLab® AG Germany, Feldkirchen, Germany, © BrainLab 2008
7. Vermessungswinkel der Röntgenaufnahmen.....**29**
aus: Tingart M, Lüring C, Bähis H, Beckmann J, Grifka J, Perlick L (2008) Computer-assisted total knee arthroplasty versus the conventional technique: how precise is navigation in clinical routine? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 16: 44–50
8. OP-Situs mit fixierten Referenzsternen.....**31**
Mit freundlicher Unterstützung von PD Dr. C. Lüring, Asklepios Klinik Bad Abbach. © 2008
9. Vector Vision Modul der Firma BrainLab.....**32**

Mit freundlicher Unterstützung der BrainLab® AG Germany, Feldkirchen,
Germany, © BrainLab 2008

Tabellenverzeichnis

1. Demographische Angaben.....	37
2. Auswertung von WOMAC-Score und KSS.....	51
3. Ergebnisse der Röntgenbildvermessung.....	55

9. Danksagung

Vielen Dank an Herrn Prof. Dr. Joachim Grifka für die Möglichkeit, in dieser Klinik und dieser Abteilung diese Arbeit schreiben zu dürfen.

Meinen herzlichen Dank an Herrn PD Dr. Markus Tingart für die tolle Betreuung dieser Arbeit. Er hatte zu jeder Zeit ein offenes Ohr für Fragen und nahm sich immer Zeit für die Lösung von Problemen sowohl theoretischer als auch praktischer Art.

Vielen Dank an Herrn PD Dr. Christian Lüring für die Zuteilung dieses interessanten Themas und die Unterstützung bei Fragen und Unklarheiten.

Vielen Dank auch an Herrn PD Dr. Lars Perlick für die Unterstützung bei den Patientenuntersuchungen

Meinen herzlichen Dank an die Ambulanzschwestern und die Empfangsdamen der orthopädischen Ambulanz an der Asklepios Klinik Bad Abbach für die Koordination und logistische Hilfe bei den Patientenuntersuchungen.

Mein großer Dank an Frau Dr. Kristin Mohren für ihre Unterstützung, ihre Geduld, ihre fachlichen Ratschläge und ihr offenes Ohr bei Fragen jeglicher Art.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, Frau Dr. Carmen Haiböck und Herrn Dr. Hans Haiböck, die mich stets in meinen Vorhaben bestärkt und unterstützt haben und in mir das Interesse für die Medizin geweckt haben. Ohne sie wären mein Studium und die Entstehung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

10. Lebenslauf

Persönliche Daten	Name	Karl <u>Philip</u> Benedikt Haiböck
	Geboren	21.06.1981 in Deggendorf
	Religion	rk
	Familienstand	ledig
	Eltern	Dr. Carmen Haiböck, Ärztin Dr. Hans Haiböck, Unfallchirurg
	Geschwister	Benjamin Haiböck, Arzt
Schulausbildung	1987-1991	Grundschule Mietraching
	1991-2000	Comenius Gymnasium Deggendorf
Zivildienst	2000-2001	Rettungsdienst BRK KV Deggendorf
Beruf	2001-2002	Rettungssanitäter BRK KV Deggendorf
Studium	2003-2005	Humanmedizin, Vorklinischer Abschnitt Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg
	2005-2009	Humanmedizin, Klinischer Abschnitt Universität Regensburg
	04-05/2009	Staatsexamen
Praktisches Jahr	02-06/2008	Chirurgische Klinik Caritas KH St. Josef, Regensburg
	06-10/2008	Medizinische Klinik Klinikum Passau
	10/08-01/09	Orthopädische Klinik Schulthess Zürich
Ärztliche Tätigkeit	seit 07/2009	Assistenzarzt an der Klinik für Chirurgie am Caritas KH St. Josef Regensburg (Direktor: PD Dr. med. Alois Fürst)